This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

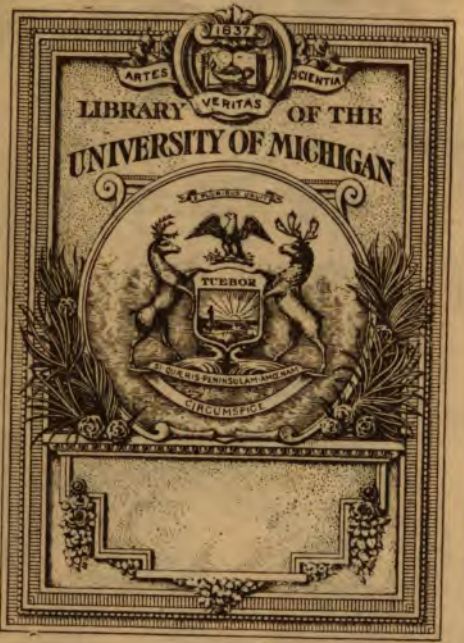
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

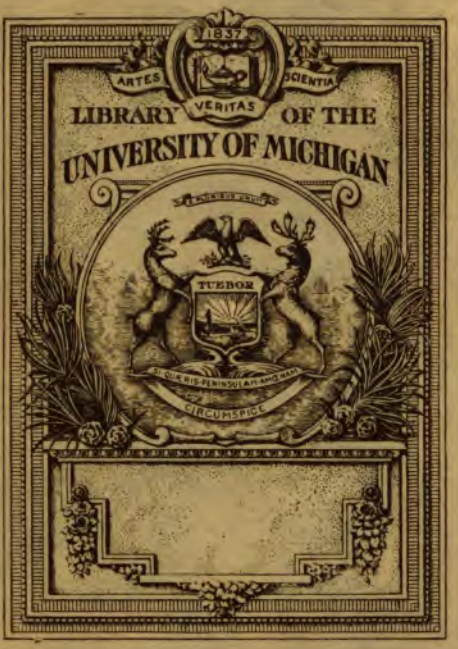
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE

Mikrographie,

oder

Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauche

des

Mikroskops.

Von

Hugo von Mohl,

Doctor der Philosophie, Medicin und Chirurgie, Ritter des Ordens der württembergischen Krone, ordentl. Professor der Botanik an der Univ. zu Tübingen, auswärtigem Mitgliede des Instituts der Niederlande, Mitgliede der kais. Leop. Carol. Academie der Naturforscher, Correspondenten des Instituts von Frankreich, der Academie der Wissenschaften zu München u. s. w.

Mit 6 lithographirten Tafeln.

Tübingen,

Verlag und Druck von L. F. Fues.

1846.

Vorrede.

Es werden wenige Worte genügen, um den Standpunkt zu bezeichnen, auf dem der Verfasser stand, als er die folgenden Blätter niederschrieb, und von welchem aus er dieselben beurtheilt zu sehen wünscht. Der Verfasser ist weder theoretischer, noch praktischer Optiker, dagegen glaubt er im Gebrauche des Mikroskopes keine unbedeutende Uebung zu besitzen und durch dieselbe mit den Eigenschaften und Leistungen dieses Instrumentes, mit den Vortheilen und Nachtheilen der verschiedenen Constructionen, welche die Optiker wählten, mit den in manchen Fällen anzubringenden Correctionen, mit den mikrometrischen Messungen u. s. w. hinreichend bekannt geworden zu sein, um Andern in diesen Beziehungen einige gute Rathschläge ertheilen zu können. Die ganze Schrift ist daher vom Standpunkte des Mikrographen und nicht von dem des Optikers aus geschrieben, sie soll nicht eine Anleitung enthalten, wie die Mikroskope verfertigt, sondern wie sie geprüft und gebraucht werden sollen. Der Verfasser hätte sich desshalb in seiner Auseinandersetzung auf die den praktischen Ge-

303635

brauch des Mikroskopes betreffenden Punkte beschränkt und jede dem Gebiete des Physikers angehörende Erläuterung der optischen Verhältnisse dieses Instrumentes ausgeschlossen, wenn nicht einige Bekannte, mit welchen er über seinen Plan sprach, ihn aufgefordert hätten, die nothwendigsten optischen Erläuterungen beizufügen, welche zum Verständniss der Art und Weise, wie das Mikroskop wirkt, dienen; es muss jedoch der Verfasser ausdrücklich bemerken, dass er auf diesen, auch hinsichtlich seiner Ausdehnung sehr untergeordneten Theil seiner Schrift gar keinen Werth legt.

Der Verfasser hatte bei seiner Darstellung nur das Mikroskop selbst und seinen Gebrauch, aber nicht specielle Untersuchungen einzelner naturhistorischer Körper im Auge, er nahm daher nur dasjenige auf, von dem er glaubte, dass es einem Jeden, welcher das Mikroskop gebraucht, zu richtiger Anwendung desselben nothwendig sei. Specielle Anleitungen dagegen zur Untersuchung einzelner Classen von Objecten glaubte er aus dieser Schrift ausschliessen zu müssen, indem seiner Ansicht nach solche specielle Untersuchungen und die Anleitung zur Anstellung derselben den Schriften über einzelne naturhistorische Doctrinen vorbehalten werden müssen.

Es glaubte dagegen der Verfasser, nicht blos die optischen Leistungen des Mikroskopes besprechen, sondern auch die mechanische Einrichtung verschiedener neuerer Mikroskope und ihrer Nebenapparate ins Auge fassen und durch Zeichnungen erläutern zu sollen. Vielleicht findet hier Mancher eine Einrichtung beschrieben, welche er bei seinem Instrumente anzubringen vortheilhaft findet. Hiebei

glaubt der Verfasser kaum ausdrücklich bemerken zu müssen, dass es nicht in seiner Absicht lag, eine vollständige Geschichte des Mikroskopes zu schreiben und eine vollständige Uebersicht über alle im Laufe der Zeit dem Mikroskope gegebene Einrichtungen und über sämmtliche Nebenapparate und ihre Modificationen zu geben, sondern dass er sich auf die Anführung solcher Einrichtungen beschränkte, die ihm beim gegenwärtigen Stande der Sache von mehr oder weniger praktischer Bedeutung zu sein schienen.

Tübingen, im August 1846.

Der Verfasser.

Inhalt.

Von der Grenze des Sehens mit blosem Auge. 1—8.

Kleinste Sehweite des Auges 2. — Kleinster Gesichtswinkel 3.

Das einfache Mikroskop. 9—62.

Brechung des Lichtes in convexen Linsen 9. — Das Sehen durch eine convexe Linse 11. — Bestimmung der Brennweite convexer Linsen 14. — Vergrösserungskraft convexer Linsen 16. — Sphärische Aberration 20. — Chromatische Aberration 22. — Achromatismus 23.

A. Von der Lupe. 26—36.

Doppelt convexe Lupe 27. — Planconvexe Lupe 28. — Lupen von *Wilson* und *Fraunhofer* 29. — Achromatische Lupe 29. — *Brewster's* gefurchte Kugel 30. — Lupen von *Coddington* und *Stanhope* 31. — *Wollaston's* periskopisches Mikroskop 32. — Lupenträger 33.

B. Vom einfachen Mikroskope. 36—53.

Die doppelt convexe Linse 37. — Glaskügelchen 38. — Die planconvexe Linse 40. — Dublet von *Wollaston, Pritchard, Chevalier* 41. — Triplet 45. — *Brewster's* Linsen von Flüssigkeiten 45. — Edelsteinlinsen 46. — Fassung der Linsen 52.

Das Stativ des einfachen Mikroskops. 53—62.

Bei der Construction desselben zu befolgende Grundsätze 53. — Die Stative von *Plössl, Körner, Pritchard* u. s. w. 53—62.

Das zusammengesetzte Mikroskop. 63—220.

1. Der optische Theil des zusammengesetzten Mikroskops. 65—87.

Das Objectiv 65. — Verbesserungen desselben durch *Fraunhofer, Amici, Selligue* u. s. w. 66. — Vortheil der Objectivsysteme vor dem einzelnen achromatischen Objective 68. — Länge der Mikros-

kopröhre 75. — Wirkung einer zwischen das Objectiv und das Ocular eingesetzten Concavlinse 78. — Das Ocular 80. — Das mit einer Auszugröhre versehene Ocular 84.

2. Das Stativ des zusammengesetzten Mikroskops. 87—118.

Bei seiner Construction zu befolgende Grundsätze 88. — Der Fuss 90. — Vorrichtung gegen die Einwirkung von Erschütterungen 91. — Richtung und Bewegung der Röhre 92. — Der Objecttisch 98. — Der Beleuchtungsapparat 100. — Das Stativ von *Plössl* 102, — *Amici* 104, — *Oberhäuser* 106, — *Goring* 111, — *Chevalier* 115. —

3. Die Nebenapparate des Mikroskops. 119—132.

Der bewegliche Objecttisch 119. — Der Sicherheitsschieberhalter 122. — Der federnde Flaschenhalter 123. — Federklammern 123. — Der Wassertrog 124. — Die Büchse für Wasserinsecten 124. — Die federnde Pincette 125. — Die schwarz gefütterte Büchse 125. — Der Stiefel 125. — Die Pipette 126. — Der Quetscher 126. — Der Polarisationsapparat 130. — Der mikroskopische Goniometer 131.

4. Von der Beleuchtung. 132—157.

Der Concavspiegel 132. — Blendungen auf dem Spiegel 133. — Die drehbare, mit Oeffnungen versehene Scheibe 133. — *Oberhäuser's* bewegliche Blendungen 135. — Die Beleuchtungsapparate von *Goring* 136, — *Amici* 137, — *Wollaston* 138, — *Brewster* 139, — *Dujardin* 140, — *Nobert* 143. — Die Beleuchtungsart von *Reade* 143. — Allgemeine Regeln für die Anwendungsweise der Beleuchtungsapparate 144. — Lage des Beobachtungszimmers gegen die Himmelsgegenden 144. — Entfernung vom Fenster 144. — Beschaffenheit des Himmels 145. — Beleuchtung durch directes Sonnenlicht 146. — Anwendung von gefärbten Gläsern bei der Beleuchtung durch Sonnenlicht 146. — Beleuchtung durch Sonnenlicht, welches von einer weissen Fläche reflectirt wird 147. — Beleuchtung opaker Objecte durch das Tageslicht 148. — *Lieberkühn*'scher Spiegel 148. — Beleuchtung durch Lampenlicht 149. — Anwendung gefärbter Gläser bei dieser Beleuchtungsweise 151. — Beleuchtung mit monochromatischem Lichte 155.

5. Vom Gebrauche der Deckgläser. 157—167.

Einfluss des Deckglases auf die Richtung der vom Objecte zum Objective gehenden Lichtstrahlen 159. — Abhängigkeit der Dicke der

Deckgläser von der Stärke der Objective 161, — von der Länge der Mikroskopröhre 162, — von der Construction des Oculars 163, — von einer zwischen Objectiv und Ocular eingesetzten Concavlinse 163.

6. Von der Prüfung des Mikroskops. 167—212.

Kennzeichen der sphärischen Aberration 168. — Kennzeichen der chromatischen Aberration 172. — Falsche Centrirung 175. — Trübung der Objective 178. — Definirende und penetrirende Kraft des Mikroskops 179. — Probeobjecte zur Prüfung der penetrirenden Kraft 181. — *Nobert's* Probeplatte 190. — Messung des Oeffnungswinkels der Objective 192. — Prüfung der definirenden Kraft des Mikroskopes 195. — Beurtheilung der Güte eines Mikroskopes 197. — Verschiedenheit der für durchsichtige und der für opake Objecte passenden Objective 199. — Höchste, mit Nutzen anzuwendende Vergrösserung 201. — Durchmesser der kleinsten noch erkennbaren Körper 203. — Deutlichkeit des mikroskopischen Bildes 204. — Achromaticität 209. — Lichtstärke 209. — Die Mikroskope von *Amici*, *Plössl* und *Oberhäuser* 210.

7. Messung der Vergrösserung. 212—220.

Methode von *Jacquin* 212. — Die Abänderungen derselben durch *Ettingshausen* 215 — und den Verfasser 215.

Das Dissectionsmikroskop. 221—228.

Umkehrung des Bildes eines zusammengesetzten Mikroskopes durch ein terrestrisches Ocular 221, — durch Prismen 222. — Die pankratischen Mikroskope von *Oberhäuser* und *Plössl* 224.

Das Sonnenmikroskop, das Gasmikroskop und das photo-electrische Mikroskop. 229—243.

Unterschiede dieser Mikroskope vom einfachen und vom zusammengesetzten Mikroskope 229. — Das Sonnenmikroskop 230. — Nutzen und Leistung desselben 232. — Das Gasmikroskop 234. — Das photo-electrische Mikroskop 236. — *Harting's* tragbares Sonnenmikroskop 238. — *Brewster's* Vorschläge zur Verbesserung des Sonnenmikroskops 239. — *Goring's* Solar Engiscope 240.

Das katadioptrische Mikroskop. 244—249.

Das katadioptrische Mikroskop von *Amici* 245, — *Goring* 246, — *Cavalleri* 248.

Die mikroskopische Beobachtung. 250 – 277.

Behandlung des Instrumentes 250. — Verfertigung der Präparate 254. — Das Mikrotom 258. — Das Verhalten des Auges bei der mikroskopischen Beobachtung 263. — Wahl der Vergrösserung 265. — Das Einstellen des Mikroskopes 265. — Das mikroskopische Sehen 266. — Täuschungen 272.

Die mikrometrische Messung. 278 – 320.

Messungsmethoden bei Anwendung des einfachen Mikroskopes. Die Methode von *Jurin* 280. — Messung mittelst des Glasmikrometers; a) das Auflegen der Objecte auf den Mikrometer 280. — b) Methode des Doppeltsehens 281. — Mikrometer von *Wollaston* 282. — von *Goring* 284. — Messungsmethoden bei Anwendung des zusammengesetzten Mikroskopes. Mikrometer, welche eine Trennung des Bildes bewirken 286. — Mikrometer von *Dollond* und *Clausen* 287. — Der Glasmikrometer 288. — Prüfung desselben hinsichtlich der Richtigkeit seiner Theilung 290. — Messungsmethoden mittelst des Glasmikrometers; a) das Auflegen der Objecte auf den Mikrometer 294. — b) das Einlegen des Mikrometers in das Ocular 294. — c) der Spitzenmikrometer 297. — d) Anwendung des *Sömmerring*'schen Spiegels 298. — Die mikrometrische Messung mittelst des Sonnenmikroskopes 301. — Methode des Doppeltsehens 301. — Der Schraubenmikrometer 303. — Die mechanische Einrichtung desselben 304. — Messungsmethoden mittelst des Schraubenmikrometers; a) Messung des Objectes 307. — b) Messung des mikroskopischen, in der Blendung des Oculars liegenden Bildes 314. — Reduction der verschiedenen Maasse 320.

Das Zeichnen mikroskopischer Objecte. 321—327.

Die Anwendung des *Sömmerring*'schen Spiegels 324, — eines Glasprismas 325, — einer ebenen Glasplatte 325, — der Camera lucida von *Amici* 326. — Methode von *Francis Bauer* 326.

Aufbewahrung mikroskopischer Objecte. 328 – 336.

Die Aufbewahrung trockener Substanzen 328. — Die Aufbewahrung der Objecte in harzartigen Substanzen 330. — Die Aufbewahrung der Objecte in wässrigen Flüssigkeiten, welche der Verdunstung ausgesetzt sind, nach *Griffith, Oschatz* u. s. w. 331. — Aufbewahrung in der Auflösung von Chlorcalcium 335.

Berichtigungen. 337.

Erklärung der Tafeln. 338.

Von der Grenze des Sehens mit blosem Auge.

Der Fähigkeit des Auges, einen Körper deutlich sehen zu können, ist eine doppelte Grenze gesetzt durch zu geringe Entfernung des Körpers vom Auge und durch einen zu kleinen Gesichtswinkel, unter dem er dem Auge erscheint.

Der optische Apparat des Auges kann im Allgemeinen mit einer Kugel verglichen werden, deren Brennpunkt auf ihre hintere Oberfläche fällt. Diese ist beim Auge von einer Ausbreitung des Sehnervens, der Netzhaut, Retina überzogen, welche den Eindruck des Bildes aufnimmt. Da nun bekannten optischen Gesetzen zu Folge die Vereinigungspunkte von Lichtbüscheln, die von verschieden entfernten Objecten auf ein sphärisches brechendes Mittel fallen, also aus Strahlen von verschiedener Divergenz bestehen, nicht in der gleichen Entfernung hinter dem brechenden Mittel liegen können, so kann auch das Auge nur von solchen Körpern, die in einer bestimmten Entfernung von ihm liegen, ein scharfes Bild auf der Retina entwerfen, und es müssen die Lichtbüschel, welche von allen in grösserer oder in geringerer Entfernung liegenden Körpern zum Auge gelangen, theils vor, theils hinter der Retina zu Brennpunkten vereinigt werden, und können desshalb auf derselben kein mit scharfen Umrissen versehenes Bild jener Körper darstellen. Da wir nun aber im Stande sind, nach unserer Willkühr nach einander näher und entfernter liegende Körper scharf zu sehen, so folgt daraus mit Nothwen-

digkeit, dass wir im Stande sind, Veränderungen in unserem Auge vorzunehmen, welche das Brechungsvermögen desselben in der Art abändern, dass bald die wenig divergirenden Strahlen der entfernten Körper, bald die stärker divergirenden nahe liegender Gegenstände zu einem auf der Retina liegenden Focus vereinigt werden. Dieses Accomodationsvermögen hat jedoch bestimmte Grenzen, welche nicht überschritten werden können. Für ein gesundes Auge gibt es im Grunde nur eine einzige solche Grenze, insofern es im Stande ist, die von unendlich entfernten Körpern, also in paralleler Richtung zu ihm gelangenden Strahlen, zu einem auf der Retina liegenden Bilde zu vereinigen, und die einzige Grenze des deutlichen Sehens für ein solches Auge durch die zu starke Divergenz der von nahe gelegenen Körpern zu ihm gelangenden Lichtstrahlen gegeben ist. Man nennt die geringste Entfernung, in welche ein Körper, um scharf gesehen zu werden, vom Auge gebracht werden darf, die Sehweite des Auges. Gewöhnlich nimmt man an, dass dieselbe für ein gesundes Auge 8 Zoll betrage, andere nehmen sie zu 10 Zoll, die französischen Optiker häufig zu 25 Centimeter (etwa 9″ 2,6‴), Dr. *Goring* und nach seinem Vorgange *Brewster* nur zu 5 Zoll an. Diese Bestimmungen sind, wie schon ihre verschiedene Grösse zeigt, in hohem Grade willkührlich; bei der Verschiedenheit, welche die Augen verschiedener Menschen in Hinsicht auf Nah- und Fernsichtigkeit und in Hinsicht auf ihr Accomodationsvermögen zeigen, kann dieses auch kaum anders sein. Das sogenannte kurzsichtige Auge bricht das Licht stärker, es vereinigt folglich die parallelen oder schwach divergirenden Strahlen entfernter Körper zu einem vor der Retina liegenden Focus und kann von denselben kein scharfes Bild entwerfen, wogegen es noch im Stande ist, die stark divergirenden Lichtstrahlen der nur wenige Zolle von ihm entfernten Körper zu einem deutlichen Bilde zu vereingen. Für ein solches Auge existiren daher zwei Grenzen des deutlichen Sehens, welche bei schwachem Accomodationsvermögen des

Auges einander oft sehr nahe liegen. Das schwach brechende Auge des Weitsichtigen vereinigt dagegen die stärker divergirenden Lichtstrahlen naher Körper zu einem hinter der Retina liegenden Focus und ist nur im Stande, die von entfernter liegenden Körpern kommenden, schwach divergirenden oder parallelen Lichtstrahlen zu Brennpunkten, die auf der Retina liegen, zu sammeln. Es existirt daher für ein solches Auge ebenfalls nur eine einzige und zwar ziemlich weit vom Auge entfernte Grenze des deutlichen Sehens.

Wichtiger als diese Umstände ist für die Verhältnisse des mikroskopischen Sehens die Kenntniss des kleinsten Gesichtswinkels, unter welchem ein Körper dem Auge noch sichtbar ist, d. h. des kleinsten Winkels, unter welchem zwei von den Endpunkten eines Körpers zum Auge gezogene Linien an demselben zusammentreffen. Es gehört nämlich zum Sichtbarwerden eines Körpers nicht blos die Vereinigung der von seinen einzelnen Punkten ausgehenden Lichtstrahlen zu genau auf der Retina liegenden Brennpunkten, sondern auch eine gewisse räumliche Ausdehnung des auf der Retina entworfenen Bildes. Einen je grösseren Raum dieses Bild auf der Retina einnimmt (unter einem je grösseren Gesichtswinkel der Körper gesehen wird), desto mehr ist die Erkennung desselben erleichtert. Hiebei ist es vollkommen gleichgültig, ob der Körper vom Auge entfernt oder demselben nahe ist; vorausgesetzt, dass sein Bild genau auf die Retina auffällt. Dagegen äussert die Stärke der Beleuchtung einen sehr grossen Einfluss auf das Sichtbarsein desselben, indem das Auge für hellleuchtende Körper in dunkler Umgebung, wie z. B. für die Sterne, noch empfindlich ist, wenn dieselben auch einen unmessbar kleinen Gesichtswinkel besitzen, wogegen umgekehrt der Gesichtswinkel von matt beleuchteten Körpern eine verhältnissmässig sehr bedeutende Grösse erreichen muss, wenn sie dem Auge deutlich erscheinen sollen.

Es ist vielleicht nicht unpassend, einige Versuche, auf expe-

rimentellem Wege den kleinsten Gesichtswinkel auszumitteln, unter welchem ein Körper bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung noch sichtbar ist, anzuführen. Zu den genauesten, in dieser Beziehung angestellten Versuchen, scheinen mir die von *Harris* zu gehören; ich führe dieselben daher specieller an, und zwar in Ermangelung des Originals nach *Mackenzie*, the physiology of vision. 146.

„Man zeichne auf ein Papier ein Parallelogramm 1 Zoll lang und $^1/_2$ Zoll breit, theile es in Quadrate, deren Seiten $^1/_{10}$ Zoll messen und färbe die alternirenden Quadrate tief schwarz. Hängt man die Tafel in gewöhnlichem Tageslichte auf, so erkennt man einige undeutliche schwarze und weisse Flecken in einer Distanz von 25 Fuss $= \frac{3000}{10}$ Zoll. Der Winkel, unter dem man jedes Quadrat sieht, ist nahezu 1′ 9″. Vollkommen deutlich sieht man die Vierecke erst in einer Entfernung von 7 Fuss, unter einem Gesichtswinkel von 4′ 5″.“

„Hängt man daneben eine ähnliche Tafel auf, auf welcher die dunkeln Quadrate nur leicht mit Tusche tingirt sind, so werden sie nicht in einer grösseren Entfernung, als in der von 16 Fuss erkennbar sein; allein in 7 Fuss Entfernung werden sie eben so deutlich begrenzt, wie die der ersten Tafel, sein.“

„Man zeichne ein dunkles Viereck auf weissen Grund, und ein weisses auf schwarzen Grund; ebenso einen Kreis und ein Parallelogramm, jedes $^1/_{10}$ Zoll breit. Auf ein anderes Papier zeichne man die gleichen Figuren leicht mit Tusche.“

„Das schwarze und das weisse Viereck werden als Flecken in 40 Fuss Entfernung sichtbar sein, sie werden aber erst in 8—7 Fuss Entfernung scharf begrenzt erscheinen. Die mit Tusche gezeichneten Vierecke werden in keiner grösseren Entfernung, als in der von 25 Fuss, erkennbar sein; allein sie werden in der gleichen Entfernung, wie die vorigen Vierecke, scharf begrenzt erscheinen. Die schwarzen runden Flecken und Parallelogramme werden in mehr als 50 Fuss erkennbar sein; allein die mit Tusche

leicht angegebenen werden in 40 Fuss Entfernung noch unsichtbar sein.“

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass ein einzelnes Object unter einem kleineren Gesichtswinkel gesehen werden kann, als ähnliche Theile eines zusammengesetzten Objectes, und dass der kleinste Gesichtswinkel in den meisten Fällen nach *Harris* nicht unter 40″, nach andern Beobachtern nicht unter 30″ betragen kann. Im Mittel, glaubt *Harris*, betrage er nicht unter 2 Minuten. Aus diesen Versuchen scheint ferner hervorzugehen, dass aneinanderliegende Objecte kaum von einander unterschieden werden können, wenn ihr Gesichtswinkel nicht 4 Minuten beträgt. *Harris* bemerkt, dass die Schwierigkeit, das Auge vollkommen fest zu halten, eine der Ursachen sein mag, aus denen ein einzelnes Object unter einem kleineren Gesichtswinkel, als Theile eines zusammenhängenden Objectes gesehen werden kann, und dass wir wohl annehmen dürfen, dass, je weniger Objecte wir betrachten und je mehr sie in Hinsicht auf ihre Farbe verschieden sind, wir desto leichter die verschiedenen Eindrücke, die sie auf der Retina hervorbringen, zu unterscheiden vermögen.“

„Zieht man auf einem weissen Papier Linien von $^1/_{10}$ Zoll Breite und verschiedener Länge, so wird eine $^1/_4$ Zoll lange Linie in 45′ Entfernung sichtbar sein; eine halb so lange in keiner grösseren Entfernung, als etwa 20 Fuss. Zwei parallele schwarze Linien, jede $^1/_{20}$ Zoll breit, mit einer weissen, ebenfalls $^1/_{60}$″ breiten Linie zwischen denselben, wird man in keiner grösseren Entfernung als 20 Fuss getrennt sehen. Auf gleiche Weise ist ein Stück eines feinen Drahtes in einer Entfernung sichtbar, in welcher ein runder Flecken von demselben Durchmesser völlig unsichtbar ist.“

„Nach *Harris* ist ein kugelförmiges Object von weniger als $^1/_{650}$ Zoll ($^1/_{25}$ Millim.) Durchmesser für die meisten Augen völlig unsichtbar, und es kann, wenige Fälle ausgenommen, ein Object, welches weniger als $^1/_{430}$ Zoll ($^1/_{16}$ Millim.) Durchmesser hat,

nicht gesehen werden; ein solches Object erscheint bei 8 Zoll Entfernung unter dem Gesichtswinkel von 1 Minute. Ein Object, welches von dem Grunde, auf dem es liegt, sich in Hinsicht auf seine Farbe nur schwach unterscheidet, kann nicht unter einem kleineren Gesichtswinkel, als dem von etwa 4 Minuten, deutlich gesehen werden, und das kleinste, unter diesen Umständen sichtbare Object ist nicht kleiner, als etwa $^1/_{100}$ Zoll ($^1/_4$ Millim.) Durchmesser. Im Allgemeinen ist für das blose Auge kein kugelförmiger Körper sichtbar, wenn er unter $^1/_{300}$ Zoll ($^1/_{12}$ Millim.) Durchmesser besitzt."

„Schmale Fäden, Haare u. s. w., welche auf weissem Papiere liegen, oder in der Luft suspendirt sind, können, wenn sie eine gewisse Lage zum Lichte haben, unter sehr kleinen Gesichtswinkeln, z. B. unter 2 bis 3 Secunden, gesehen werden; allein in diesen Fällen erleidet das Licht, indem es an den Seiten des Objectes vorbeigeht, eine Beugung und bildet desshalb auf der Retina weit breitere Bilder, als ohne diesen Umstand die Objecte bilden würden. Es kann daher aus solchen Beobachtungen kein Schluss auf den kleinsten Gesichtswinkel, unter welchem ein Object gesehen werden kann, gezogen werden."

„Ein kleines, in Bewegung befindliches Object kann leichter gesehen werden, als wenn dasselbe in Ruhe ist. Der Grund hievon scheint der gleiche zu sein, wie beim Sichtbarsein schmaler und langer Objecte. Bei der allmähligen Bewegung des Bildes über die Retina, wobei der Eindruck auf jeden Punkt derselben noch eine Zeit lang anhält, wird dieselbe Wirkung hervorgebracht, wie durch den Eindruck eines langen Bildes."

Vergleichen wir mit diesen Angaben von *Harris* über die Grösse des kleinsten Gesichtswinkels, unter dem ein Körper noch sichtbar ist, einige andere Messungen, so gibt *Tobias Mayer* (Comment. soc. scient. Gotting. IV. 120) an, für schwarze Kreise hätte der kleinste Gesichtswinkel, unter dem er sie noch gesehen, 34 Secunden betragen, für schwarze, durch weisse Zwischen-

räume getrennte Figuren 62 Secunden. *Treviranus* (Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens I. 61) sah weisse Quadrate auf schwarzem Grunde unter einem Gesichtswinkel von 1′ 11″ 36‴ und schwarze Kreise auf weissem Grunde unter einem Gesichtswinkel von 35″ 36‴. *Valentin* (Physiologie II. 431) sah Silberdraht im Freien bei Sonnenschein unter einem Gesichtswinkel von 4″, 2 , im Zimmer unter einem Winkel von 6″, 1, *); einen Kreis von Silberblech im Freien unter einem Winkel von 1′ 7″, 4 , im Zimmer unter 1′ 39″ 4. *Harting* gibt an (Tijdschr. voor natuurl. Gesch. T. X.), es seien Körper von $^1/_{15}$ Millim. Durchmesser in 8 Zoll Entfernung nur unter günstigen Umständen zu unterscheiden. In einer neueren Schrift (Recherch. micrométriques. 2.) führt er an, man könne weisse und hellgelbe Punkte auf schwarzem Grunde, z. B. Pollenkörner von Lathyrus, welche ungefähr $^1/_{30}$ Millim. Durchmesser hätten, recht gut einzeln erkennen; diese Grösse entspricht nahezu einem Gesichtswinkel von 30 Secunden. Ich selbst sah bei einer Reihe hierüber angestellter Versuche in der Entfernung von 8 par. Zoll schwarze, auf weissem Grunde befindliche Punkte von $^1/_{15}$ Millim. Durchmesser noch sehr gut, Punkte von $^1/_{22}$ Millim. Durchmesser, welcher nahezu einem Gesichtswinkel von 43 Secunden entspricht, deutlich, jedoch nur mit einiger Anstrengung meines etwas kurzsichtigen Auges; endlich Punkte von $^1/_{33}$ Millim. Durchmesser gar nicht mehr.

Die im Vorhergehenden angeführten Versuche zeigen, dass der kleinste Gesichtswinkel, unter welchem ein Körper noch sichtbar ist, sich kaum fest bestimmen lässt, insofern er nach der Beleuchtung, der Form der Körper, dem Contraste derselben mit ihrer Unterlage u. s. w. sehr bedeutenden Veränderungen unterworfen ist. Im Allgemeinen können wir annehmen, dass der-

*) Diese Versuche mit Drähten beweisen für den Gesichtswinkel gar nichts, indem bei denselben eine Beugung des Lichtes stattfindet.

selbe unter günstigen Umständen zwischen 30″ und 1 Minute schwankt, bei linienförmigen Körpern und sehr günstiger Beleuchtung noch unter diese Grösse sinkt; dagegen bei rundlichen oder viereckigen Körpern, geringem Contraste mit der Umgebung und schwacher Beleuchtung auf mehrere Minuten steigen muss.

Würde der kleinste Gesichtswinkel, unter welchem das blose Auge noch einen Körper erkennen kann, nicht so vielen Schwankungen unterliegen, so wäre damit eine sichere Basis für die Bestimmung des kleinsten, unter einer gewissen Vergrösserung noch sichtbaren Körpers gegeben; unter diesen Verhältnissen und bei der Unvollkommenheit unserer Mikroskope unterliegt jedoch diese Bestimmung der Grösse des kleinsten, durch das Mikroskop noch sichtbaren Körpers unübersteiglichen Hindernissen.

Das einfache Mikroskop.

Unter dem Ausdrucke des einfachen Mikroskopes kann man alle, aus einem convexen brechenden Medium (einer Kugel, einer einfachen convexen Linse oder aus einer Combination von mehreren Linsen) bestehenden optischen Instrumente zusammenfassen, welche eine Vergrösserung nahe liegender Objecte ohne Entwerfung eines vergrösserten Bildes derselben dadurch bewirken, dass sie die Objecte unter einem grösseren Gesichtswinkel, als es mit blosem Auge möglich ist, zu betrachten erlauben.

Um die Wirkung, welche eine vor das Auge gehaltene convexe Linse bei Betrachtung nahe gelegener Objecte äussert, zu erläutern, wird folgende Darstellung der Ablenkung, welche die Lichtstrahlen beim Durchgange durch eine derartige Linse erleiden, genügen.

Wenn (Tab. 1. fig. 1.) die Strahlen A, A′, A″ in paralleler Richtung mit der Achse der doppelt convexen Linse L L′ auf die letztere auffallen, so werden sie nach ihrem Austritte aus der zweiten Fläche derselben convergiren, und in einem auf der Verlängerung der Linsenachse liegenden Punkte F (dem Hauptbrennpunkte, Hauptfocus, siderischen Focus) zusammentreffen. Wenn umgekehrt ein leuchtender Punkt im Hauptfocus steht, so werden die von ihm auf die Linse in divergirender Richtung fallenden Strahlen hinter der Linse in paralleler Richtung austreten.

Wenn der leuchtende Punkt (Tab. 1 fig. 2.) weiter von der Linse nach G entfernt wird, folglich die von ihm auf die Linse

fallenden Strahlen schwächer, als im vorigen Falle, divergiren, so werden sie hinter der Linse nicht in paralleler, sondern in convergirender Richtung austreten, und in einem auf der Verlängerung der Linsenachse liegenden Vereinigungspunkte H zusammentreffen. Je weiter sich der leuchtende Punkt G von der Linse entfernt, desto mehr wird der Vereinigungspunkt H gegen die hintere Seite der Linse hinrücken, bis der leuchtende Punkt in unendlicher Entfernung von der Linse steht und folglich Parallelstrahlen auf dieselbe schickt, in welchem Falle der Vereinigungspunkt H mit dem hinter der Linse liegenden Hauptfocus F' zusammenfällt.

Rückt dagegen der leuchtende Punkt G (Tab. 1. fig. 3.) näher zur Linse, als der Hauptfocus F, so ist die Linse nicht mehr im Stande, den stark divergirenden Strahlen eine convergirende oder parallele Richtung zu ertheilen, sondern es treten dieselben hinter der Linse noch in einer divergirenden Richtung, jedoch unter einem kleineren Winkel, als vor ihrem Eintritte, divergirend aus.

Wenn neben dem auf der Verlängerung der Linsenachse liegenden leuchtenden Punkte G noch ein zweiter leuchtender Punkt G' (Tab. 1. fig. 4.) liegt, so wird der von dem letzteren durch die Mitte der Linse gehende Strahl G' H' in (nahezu) gerader Richtung (in der Richtung einer Nebenachse) seinen Weg fortsetzen, und es werden sich die übrigen von diesem Punkte divergirend auf die Linse auffallenden Strahlen in einem auf dieser Nebenachse liegenden Punkt H' vereinigen, welcher von dem Centrum der Linse ebensoweit absteht, als der Vereinigungspunkt H der von dem auf der Hauptachse liegenden Punkte G ausgehenden Strahlen. Da das Gleiche von jedem andern, neben G liegenden Punkte gilt, so werden die von jedem Punkte eines vor der Linse in der Entfernung von G befindlichen Objectes ausgehenden Strahlen hinter der Linse wieder in einen Vereinigungspunkt gesammelt und es wird durch diese in einer gekrümmten

Fläche nebeneinanderliegende Vereinigungspunkte ein dem Gegenstande genau entsprechendes umgekehrtes Bild entworfen. Liegt der Gegenstand in der doppelten Brennweite vor der Linse, so liegt das Bild in derselben Entfernung hinter der Linse und ist an Grösse dem Gegenstande gleich; rückt der Gegenstand weiter von der Linse weg, so wird das Bild näher zur Linse hingerückt und kleiner; nähert sich der Gegenstand der Linse, so rückt das Bild von derselben hinweg und wird grösser, bis der Gegenstand in den Hauptbrennpunkt der Linse fällt und nun die von jedem Punkte derselben ausgehenden Strahlen hinter der Linse in paralleler Richtung austreten und ebendamit kein Bild mehr entsteht.

Erinnern wir uns nun, dass ein gesundes Auge im Stande ist, Strahlen, die von einem leuchtenden Punkte in mässig divergirender Richtung ausgehen, wieder zu einem auf der Retina liegenden Brennpunkte zu vereinigen, dass ein weitsichtiges Auge auch noch Parallelstrahlen vereinigen kann, dass dagegen convergirende Strahlen von einem gesunden Auge nicht zu einem auf der Retina liegenden Punkte gesammelt werden können, so geht daraus in Beziehung auf das Sehen durch eine Convexlinse hervor, dass ein Gegenstand, welcher durch dieselbe gesehen werden soll, in eine solche Entfernung von der Linse gebracht werden muss, dass die von jedem seiner Punkte auf die Linse in divergirender Richtung auffallenden Strahlen hinter der Linse in paralleler oder in schwach divergirender Richtung austreten. Der Gegenstand muss daher, je nach der Beschaffenheit des Auges entweder (bei weitsichtigem Auge) in den Hauptfocus der Linse gebracht werden, oder (bei mehr oder weniger kurzsichtigem Auge) zwischen den Hauptfocus und die Linse gestellt werden. Für jedes Auge wird es eine Stellung des Gegenstandes geben, bei welcher die von den einzelnen Punkten desselben ausgehenden Strahlen von dem Auge zu Brennpunkten auf der Retina vereinigt werden können, wodurch das Auge in den Stand gesetzt wird, von dem Gegenstande ein eben so scharf begrenztes Bild

zu entwerfen, als wenn derselbe ohne Vermittlung der Linse in grösserer Entfernung vom Auge betrachtet worden wäre.

Das Auge wird den Gegenstand durch Vermittlung der Linse unter einem grösseren Gesichtswinkel sehen, als es ohne die Linse möglich ist. Indem nämlich der von jedem Punkte des Gegenstandes durch das Centrum der Linse gehende Strahl seinen Weg in gerader Richtung fortsetzt, und alle von demselben Punkte ausgehenden Strahlen auf der durch den ungebrochenen Strahl gebildeten Nebenachse zusammentreffen, oder durch das Auge zu einem auf dieser Nebenachse liegenden Punkte vereinigt werden können, so erblickt das Auge den Gegenstand unter demselben Gesichtswinkel, unter welchem es denselben erblicken würde, wenn ihm der Gegenstand bis auf dieselbe Entfernung, in welcher er vom Centrum der Linse absteht, genähert würde.

Es stelle (Tab. I. fig. 6.) A B ein vor der Linse innerhalb ihres Brennpunktes F liegendes Object vor, welches Büschel stark divergirender Strahlen A e e gegen die Linse ausschickt. Diejenigen Strahlen der Büschel, welche durch das Centrum C der Linse gehen, setzen ihren Weg in gerader Richtung fort und bilden den Winkel D C E, welcher als Scheitelwinkel dem Winkel A C B gleich ist, d. h. dem Gesichtswinkel, unter welchem der Gegenstand A B einem im Centrum der Linse befindlichen Auge erscheinen würde. Die übrigen dem Büschel A e e angehörigen Strahlen (und ebenso entsprechend die von dem Punkte B ausgehenden Strahlen) werden durch die Linse so gebrochen, dass sie von den die Nebenachsen bildenden Strahlen CD, CE nur noch wenig divergiren, und desshalb durch ein hinter der Linse liegendes Auge zu Brennpunkten, die in der Verlängerung von CD und CE liegen, vereinigt werden können. Es wird also das Auge die Strahlen in derselben Richtung erhalten, als kämen sie von einem aufrechten und vergrösserten, hinter dem Gegenstande A B liegenden, Bilde a b desselben. Dieses Bild erscheint dem Auge um so viel grösser, als der Winkel A C B grösser ist, als

der Gesichtswinkel, unter welchem das Object A B dem Auge in der Weite des deutlichen Sehens erscheinen würde, d. h. um so viel grösser, als die Entfernung zwischen A B und C in 8 Zoll enthalten ist.

Da die Brennweite einer Linse, je kleiner sie ist, desto öfter in dieser Entfernung von 8 Zoll enthalten ist, so ist einleuchtend, dass die Vergrösserungskraft einer Linse desto bedeutender ist, je kürzer ihre Brennweite ist. Die Länge des Focus ist abhängig theils von dem Krümmungshalbmesser der Linsenflächen, theils von dem Brechungsvermögen der Substanz, aus welcher die Linse besteht.

Da es von vielfachem Interesse ist, die Focallänge und die Vergrösserungskraft einer Linse bestimmen zu können, so wird wohl für Manchen die Angabe der Mittel, die zur Erreichung dieses Zweckes führen, nicht unerwünscht sein.

In Beziehung auf die Focallänge einer aus Kronglas verfertigten Kugel oder einer Linse gelten folgende Regeln.

Bei einer Kugel ist der Focus für Parallelstrahlen um den vierten Theil des Durchmessers der Kugel von ihrer Oberfläche entfernt.

Bei einer doppelt und gleich convexen Linse liegt der Hauptfocus um die Länge des Radius einer ihrer Flächen von der Linse ab.

Bei einer planconvexen Linse, wenn die Parallelstrahlen auf die ebene Seite auffallen, liegt der Focus um den doppelten Radius von der convexen ab; fallen die Strahlen auf die convexe Seite auf, so ist die Focaldistanz um $^2/_3$ der Dicke der Linse kürzer, als der Kugeldurchmesser.

Sind die Radien der Flächen einer doppelt convexen Linse ungleich, so ist die Wirkung der Linse die gleiche, als wären beide Radien gleich dem harmonischen Mittel aus denselben, welches durch Division ihres Productes durch die Hälfte ihrer

Summe gefunden wird, oder bei einem Meniscus durch die Hälfte ihrer Differenz.

Um die Focallänge einer convexen Linse zu finden, es mag ihre Krümmung und ihre Substanz sein, welche sie will, kann man folgende Verfahrungsarten anwenden:

a) Man stelle eine brennende Kerze auf das eine Ende eines Zollstabes und ans andere Ende rechtwinklig zum Maassstabe ein Kartenblatt. Die Linse wird zwischen die Kerze und die Karte gehalten, und es werden diese letzteren so lange hin und her geschoben, bis man die geringste Entfernung ausgemittelt hat, bei welcher noch ein deutliches Bild von der Kerzenflamme erhalten wird. Diese Distanz ist die vierfache Brennweite.

b) Man bringt die Linse zwischen ein Object, z. B. ein Fenster, eine Kerze und zwischen die Wand, und bewegt sie vorwärts und rückwärts, bis das Bild die grösste Deutlichkeit zeigt. Man misst nun die Entfernung der Linse vom Objecte und vom Bilde, multiplicirt die Entfernungen mit einander und dividirt das Product mit ihrer Summe; der Quotient ist die Focaldistanz. Oder man dividirt das Quadrat der Distanz des beobachteten Focus durch die Distanz des Objectes von diesem Focus, und erhält dadurch den Ueberschuss über die Hauptfocallänge.

c) Die Sonne ist so entfernt, dass die von den verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche auf die Linse fallenden Strahlen als parallel betrachtet werden können; man kann daher die Hauptfocallänge durch Messung der Entfernung des Sonnenbildes von der Linse bestimmen. Man kann auch die eine Seite der Linse mit Papier bedecken, in welches man einige Löcher gestochen hat, und die Linse der Sonne aussetzen. Hält man einen Schirm hinter die Linse, so sieht man so viele helle Flecken, als Löcher in dem Papiere sind; bewegt man den Schirm rückwärts, so nähern sich die Flecken

einander, bis sie zu einem Focus zusammenfliessen, dessen Entfernung von der Linse zu messen ist.

Diese Mittel genügen, um bei Linsen von grösserer Brennweite die Focallänge mit einer für die meisten praktischen Zwecke hinreichenden Genauigkeit zu finden; bei solchen Linsen dagegen, deren Brennweite nur wenige Linien oder nur Bruchtheile einer Linie beträgt, sind sie nicht anwendbar, indem bei der geringen Grösse des von der Linse entworfenen Bildes und bei der geringen Entfernung der Fläche, auf der das Bild aufgefangen wird, von der Linse die Ausmittlung des Abstandes der Linse von dieser Fläche ungemein schwierig wäre. Bei solchen starken Linsen kann man durch folgendes Verfahren zu seinem Ziele gelangen: Man benützt die Linse, deren Brennweite gefunden werden soll, als Ocular eines Fernrohres und misst die Vergrösserung, welche dieses mit jener Linse gibt; mit Hülfe des *Ramsden*'schen Dynameters. Zuerst misst man alsdann die Focallänge des Objectives oder des Spiegels des Fernrohres, wozu man, um den Focus für parallele Strahlen zu finden, das Bild der Sonne benützen kann. Durch Division der Focallänge des Fernrohrobjectives durch die Zahl, welche die Vergrösserung des Fernrohres angibt, erhält man die Focallänge der als Ocular dienenden Linse. Ich benütze z. B. zur Bestimmung der Brennweite eines *Fraunhofer*'schen Mikroskopobjectives einen *Fraunhofer*'schen Refractor, dessen Objectiv 8 Fuss Brennweite hat. Der vor das Objectiv gestellte Rahmen des Dynameters hatte 81,6 Millimeter Oeffnung, sein mit dem Dynameter gemessenes Bild zeigte, als jene Linse als Ocular gebraucht wurde, eine Breite von 1,55 Millimeter; die Vergrösserung des Fernrohres war also 52,6. Die Brennweite des Fernrohres (1152‴), dividirt durch 52,6, gibt als Brennweite jener als Ocular dienenden Linse 21,9‴.

Da es unbequem wäre, die Brennweite einer jeden Linse auf die angegebene Weise zu bestimmen, so benützt man, wenn man die Focallänge anderer Linsen ausmitteln will, jene erste

Linse zur Vergleichung mit diesen. Man benützt nämlich die Linse, deren Brennweite man kennt, als Objectiv eines zusammengesetzten Mikroskopes, welches einen Mikrometer im Oculare hat, und betrachtet mittelst des Mikroskopes einen andern Mikrometer und bestimmt, wie viele Abtheilungen des ersteren auf eine Abtheilung des letzteren gehen, oder man wendet nur einen Mikrometer an und zählt, wie viele Abtheilungen dieses als Object dienenden Mikrometers in das Gesichtsfeld des Mikroskopes fallen. Wenn man nun eine andere Linse, deren Brennweite ausgemittelt werden soll, als Objectiv desselben Mikroskopes benützt, wobei dieselbe (oder wenn die gemeinschaftliche Brennweite mehrerer hintereinander liegender Linsen ausgemittelt werden soll, die hinterste derselben) genau an die Stelle der Musterlinse gesetzt werden muss, und nun bestimmt, wie viele Abtheilungen des als Object dienenden Mikrometers auf eine Abtheilung des im Oculare liegenden oder in das ganze Gesichtsfeld des Mikroskopes fallen, so ergibt sich hieraus leicht die relative Vergrösserungskraft beider Linsen, und hieraus die gesuchte Brennweite der zweiten Linse. Wenn nämlich die Vergrösserungskraft der zweiten Linse das doppelte, dreifache u. s. w. der ersten beträgt, so wird die Hälfte, ein Dritttheil u. s. w. von den durch die erste Linse in das Gesichtsfeld des Mikroskopes fallenden Abtheilungen des Mikrometers diesen Raum ausfüllen, und die Brennweite dieser zweiten Linse die Hälfte, ein Dritttheil etc. von der Brennweite der ersten Linse betragen. Auf diese Weise ermittelte ich, dass die drei stärksten *Plössl*'schen Objective zusammen eine Brennweite von 1,43‴; meine stärksten *Amici*'schen eine Brennweite von 0,86‴ besitzen.

Ist die Focallänge einer Linse oder einer aus mehreren hintereinander liegenden Linsen bestehenden Combination gefunden, so ergibt sich aus derselben die Vergrösserungskraft der Linsen. In dieser Beziehung gibt man gewöhnlich als Regel an, dass eine Linse so vielmal vergrössert, als ihre Focallänge in

der Weite des deutlichen Sehens enthalten ist; es vergrössert also eine Linse von 1″ Focus achtmal. Diese Bestimmung ist zur Vergleichung der Vergrösserungskraft verschiedener Linsen ganz passend, allein sie ist zur Bestimmung der Vergrösserung, welche der einzelne Beobachter durch die Linse erhält, nur annäherungsweise richtig, weil eigentlich nicht das Verhältniss der Länge des Hauptfocus der Linse zu der Sehweite, sondern das Verhältniss der Entfernung des durch die Linse gesehenen Objectes vom Centrum der Linse zu der Sehweite die Vergrösserungskraft bestimmt. Diese Entfernung des Objectes von der Linse ist aber für die meisten Augen kleiner, als die Focallänge, weil das Object innerhalb des Focus stehen muss, wenn die von demselben ausgehenden Strahlen hinter der Linse nicht in paralleler, sondern dem Bedürfnisse der meisten Augen gemäss in schwach divergirender Richtung austreten sollen. Aus diesem Grunde vergrössert dieselbe Linse für ein kurzsichtiges Auge stärker, als für ein weitsichtiges, und es gibt jene Regel, da die meisten Augen nicht mittelst Parallelstrahlen am besten sehen, im Allgemeinen die Vergrösserung der Linsen etwas zu schwach an.

Ein zweiter Umstand, welcher die Bestimmung der Vergrösserungskraft einer Linse unsicher macht, liegt in der Verschiedenheit der Sehweite verschiedener Augen. Nimmt man diese zu 10 Zoll an, so wird man natürlicherweise die Vergrösserungskraft einer Linse doppelt so hoch bestimmen, als wenn man dieselbe mit *Goring* zu 5 Zoll annimmt. Im Grunde ist es freilich gleichgültig, welche Sehweite zu Grunde gelegt wird, wenn nur das Maass derselben angegeben ist.

Um diesen Schwierigkeiten, die Vergrösserungskraft einer Linse genau zu bestimmen, zu entgehen, ziehen es manche Mikrographen, namentlich Dr. *Goring*, vor, niemals die Vergrösserungskraft, sondern die Focallänge der Linsen anzugeben. Ich sehe nicht ein, was dadurch gewonnen sein soll, indem diese Bezeichnungsweise um nichts genauer, als die gewöhnliche Angabe der

Vergrösserungskraft der Linse ist, und wenn man aus derselben die Vergrösserungskraft der Linsen ableiten will, doch jene Division der Sehweite durch die Focallänge vorgenommen werden muss.

Will ein Beobachter bestimmen, wie stark eine Linse gerade für sein Auge vergrössert, so kann er diesen Zweck auf eine doppelte Weise erreichen, entweder durch directe Messung eines durch die Linse gesehenen, vergrösserten Bildes, oder durch Rechnung.

Im ersteren Falle befestigt man in der Entfernung der deutlichen Sehweite, also nach der gewöhnlichen Annahme in der Entfernung von 8 par. Zoll, unterhalb und neben der Linse einen Maassstab, und bringt unter die Linse einen nach demselben Maasse getheilten Mikrometer in die Entfernung, in welcher er durch die Linse am deutlichsten gesehen wird. Wenn man nun mit dem einen Auge durch die Linse den Mikrometer und zugleich mit dem andern Auge den Maassstab betrachtet, so ist es nicht schwierig, das vergrösserte Bild des Mikrometers auf den Maassstab zu projiciren und das Verhältniss ihrer Theilungen zu bestimmen. Man habe z. B. einen Mikrometer, welcher in 50tel Linien getheilt ist, unter der Linse und einen in Zolle und Linien getheilten Maasstab neben dem Mikroskope und finde, dass fünf Abtheilungen des Mikrometers genau 18‴ des Maassstabes entsprechen, so sieht das in die Linse sehende Auge eine $^5/_{50}$ oder $^1/_{10}$‴ lange Abtheilung des Mikrometers unter demselben Gesichtswinkel, unter dem das freie Auge einen 18‴ langen Theil des Maassstabes erblickt; es sieht also den Mikrometer 180mal vergrössert.

Diese Methode wird man zum praktischen Behufe hinlänglich genau finden, und es wird hiebei die Mühe, die Focallänge der Linse zu suchen, erspart. Ist die letztere bekannt, so kann man aus ihr und aus der kürzesten Sehweite des eigenen Auges berechnen, wie weit für das eigene Auge das Object von der Linse absteht (welche Länge der Gesichtsfocus der Linse) und welche Vergrösserungskraft die Linse für das eigene Auge besitzt.

Dr. *Goring* (*Goring* and *Pritchard*, micrographia. 96.) setzt die hiebei zu befolgende Methode mit folgenden Worten auseinander: „Man muss das Auge selbst als ein Vergrösserungsglas betrachten von der Stärke einer Linse, deren Focus der kürzesten Sehweite des Auges gleich ist. Wenn eine vergrössernde Linse vor das Auge gebracht wird, so muss sie als die vordere Linse eines Dublets betrachtet und der Focus und die Vergrösserungskraft dieser Combination auf dieselbe Weise, wie bei einem solchen, gefunden werden, d. h. man muss den kürzesten Gesichtsfocus des Auges mit dem siderischen Focus der Linse, deren Vergrösserungskraft wir zu erfahren wünschen, multipliciren und das Product durch die Summe beider Brennweiten, weniger der Entfernung zwischen denselben, dividiren, wodurch man den Focus einer Linse, deren Vergrösserungskraft der der Combination gleich ist, erhält. Das Resultat kann man dadurch prüfen, dass man untersucht, wie oft der gefundene Focus in der Sehweite des Auges enthalten ist. Diese Methode stimmt mit dem Experimente sehr genau überein. Wenn wir uns jedoch die Linse und die Cornea in Berührung denken und die Distanz, sowie die Dicke der Linse nicht in Rechnung bringen, so wird der Focus etwas zu kurz und folglich die Vergrösserungskraft zu hoch ausfallen; ich für meinen Theil halte es jedoch nicht für der Mühe werth, auf diesen Punkt Rücksicht zu nehmen.

Ich will ein paar Beispiele dieser Berechnungsart beifügen.

Frage: Welche Vergrösserungskraft hat eine Linse von 7″ siderischem Focus für eine Person, deren kürzeste Sehweite 6 Zoll beträgt?

$6 \times 7 = 42$ Distanz $= 0$

$6 + 7 = 13$

$42 \div 13 = {}^{42}/_{13} = 3\,{}^{3}/_{13}$ Zoll, vereinigter Focus der Linse und des Auges, oder Gesichtsfocus.

${}^{6}/_{1} \div {}^{42}/_{13} = {}^{6}/_{1} \times {}^{13}/_{42} = {}^{78}/_{42} = 1\,{}^{6}/_{7}$ mal. — Antwort.

Frage: Was ist die Vergrösserungskraft einer Linse von 1″ Brennweite, bei einer Sehweite von 6″?

$6 \times 1 = 6$

$6 + 1 = 7$

$^6/_7$ Zoll ist daher der Gesichtsfocus.

$^6/_1 \div {}^6/_7 = {}^6/_1 \times {}^7/_6 = {}^{42}/_6 = 7$mal. — Antwort.“

Wenn das auf der Retina entworfene Bild eines Gegenstandes scharf gezeichnet sein soll, so ist nothwendig, dass die von jedem Punkte des Objectes ausgehenden Strahlen wieder genau in einem Punkte des Bildes vereinigt sein müssen. Diese Bedingung erfüllt das Auge, wenn die Lichtstrahlen von einem innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens gelegenen Gegenstande unmittelbar zu ihm gelangen, mit einem hohen Grade von Genauigkeit; gehen dieselben dagegen durch eine sphärische Linse, ehe sie zum Auge gelangen, so erlangen sie aus einer doppelten Ursache in ihrer relativen Lage eine solche Aenderung, dass das Auge nicht im Stande ist, die von einem Punkte abstammenden Lichtstrahlen wieder genau in einen Punkt zu vereinigen, wodurch das Bild an Schärfe der Umrisse verliert. Man bezeichnet diese von der Linse in der Richtung der Strahlen bewirkten Abweichungen mit dem Ausdrucke der sphärischen und der chromatischen Aberration.

Die sphärische Aberration beruht auf dem Umstande, dass die Strahlen, welche die Linse in der Nähe ihrer Achse durchdringen, schwächer gebrochen werden, als die Strahlen, welche durch die dem Rande näher gelegenen Theile der Linse gehen.

Es seien (Tab. 1. fig. 5.) B B′ Parallelstrahlen, welche in der Nähe der Achse A F auf die Linse L L′ fallen; ihr Vereinigungspunkt liege in F. Die Randstrahlen C C′ besitzen dagegen ihren Vereinigungspunkt in einem der Linse näher gelegenen Punkte f und treffen, wenn sie über denselben hinaus verlängert werden, eine durch F gelegte Fläche in G H. Die Distanz f F

nennt man die longitudinale Abweichung der Linse, die Distanz G H die laterale sphärische Abweichung.

Fängt man mit einer solchen Linse das Bild der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers in der Entfernung von F auf, so wird in F ein helles Bild des Körpers durch die der Achse näher liegenden Theile der Linse entworfen; allein dieses Bild ist am Rande nicht scharf begrenzt, sondern von einem Hofe von Licht umgeben, welcher nach aussen zu an Helligkeit abnimmt und durch die mehr gegen den Rand der Linse hin dieselbe durchdringenden Strahlen gebildet wird. Bedeckt man die Linse mit Ausnahme ihres mittelsten Theiles, so wird das von ihr in F entworfene Bild scharf begrenzt, aber lichtschwach erscheinen; lässt man einen gegen den Rand hin gelegenen, kreisförmigen Theil frei, so wird das Bild in f liegen und ebenfalls scharf begrenzt sein, indem nun die centralen Strahlen, welche in f einen das Bild umgebenden Hof bilden, abgehalten werden. Von diesem Mittel, das Bild durch Bedeckung der Linse mittelst einer undurchsichtigen, in der Mitte durchbohrten Scheibe (einer Blendung, eines Diaphragma) reiner darzustellen, macht man in der praktischen Optik einen sehr ausgedehnten Gebrauch, freilich immer auf Kosten der Hellichkeit des Bildes. Der Winkel, unter welchem vom Hauptfocus aus gesehen der Durchmesser der Blendung erscheint, wird die Oeffnung der Linse genannt; man erweitert dieselbe nur selten über 10° bis 20°.

Auf entsprechende Weise, wie Parallelstrahlen, welche durch eine sphärische Linse zu einem Focus vereinigt werden, in Folge der sphärischen Aberration nicht genau in einem Punkte zusammenfallen, erhalten Strahlen, welche von dem Brennpunkte gegen die Linse divergiren, nach ihrem Austritte aus den verschiedenen Theilen der Linse eine solche relative Lage, dass sie durch das Auge nicht mehr zu einem Punkte vereinigt werden können, sondern dass, wenn die durch die Mitte der Linse gehenden Strahlen ein scharfes Bild geben, die Randstrahlen

vom Auge nicht zu gleicher Zeit zu einem deutlichen Bilde vereinigt werden können, sondern eine grössere Annäherung der Linse an das Object verlangen. Man muss daher ebenfalls, um ein scharfes Bild zu erhalten, den Rand der Linse mit einer Blendung verdecken.

Die sphärische Aberration lässt sich bei einer einfachen Linse nicht heben, dagegen kann sie durch die Wahl der Form, die man der Linse ertheilt, bedeutend vermindert werden. Die beste Form, welche man einer Linse von gewöhnlichem Glase ertheilen kann, ist die einer doppelt convexen Linse, bei welcher die Radien beider Flächen sich wie 1 : 6 verhalten. Bei Anwendung mehrerer hintereinander stehender Linsen kann dagegen durch Abänderungen in der Form und in der Entfernung der Linsen die sphärische Aberration gehoben und sogar in entgegengesetztem Sinne umgeändert werden.

Eine zweite, nicht minder starke Störung erleidet die Reinheit des durch eine einfache Linse gesehenen Bildes durch die sogenannte chromatische Aberration. Es beruht dieselbe auf dem Umstande, dass ein Strahl von weissem Lichte, wenn er beim Uebergange aus einem Medium in ein anderes von abweichender Dichtigkeit gebrochen wird, nicht als Ganzes in gleichmässiger Weise die neue Richtung annimmt, sondern sich in Strahlen von verschiedener Farbe spaltet, welche in der Richtung der Brechungsebene eine verschieden starke Brechung erleiden, und unter der Form eines Fächers auseinander weichen. Der am stärksten gebrochene Strahl ist der violette, der am wenigsten gebrochene der rothe; zwischen beiden liegt die bekannte Reihe der Farben des Sonnenspectrums. Man nennt diese Erscheinung die Zerstreuung (Dispersion) des Lichtes.

Wird weisses Licht durch eine Convexlinse (Tab. 1. fig. 7.) in einen Focus gesammelt, so werden die in demselben enthaltenen violetten Strahlen in Folge ihrer stärkeren Brechung am nächsten an der Linse (v), die rothen am entferntesten von der-

selben (r) zu einem Focus vereinigt, und zwischen beiden Brennpunkten liegt eine unzählige Reihe anderer, aus verschieden brechbaren und verschieden gefärbten Strahlen gebildeter Brennpunkte. Fängt man das Bild zwischen der Linse und dem Brennpunkte der violetten Strahlen mit einem weissen Schirme auf, so ist es mit einem rothen Saume umgeben, dagegen mit einem violetten, wenn es ausserhalb des Focus der rothen Strahlen aufgefangen wird; ziemlich farblos wird es dagegen erscheinen, wenn der Schirm etwa in die Mitte zwischen dem Focus der violetten und der rothen Strahlen gestellt wird, an welcher Stelle sich die violetten und die rothen Strahlen schneiden (b).

Betrachtet man mit einer Linse einen hellglänzenden weissen Flecken auf dunklem Grunde, so werden die Ränder desselben mit einem rothen oder einem blauen Farbensaume umgeben sein, je nachdem das Object innerhalb oder ausserhalb des Focus gebracht wird.

Es findet nun die merkwürdige Erscheinung statt, dass die Zerstreuungskraft verschiedener Medien ihrem Brechungsvermögen nicht parallel geht, sondern dass die eine Substanz dem gesammten Lichtstrahle eine bedeutende Ablenkung ertheilt, ohne aber zugleich in verhältnissmässigem Grade die verschieden gefärbten Strahlen auseinander treten zu lassen, während eine andere Substanz bei gleich starker Brechung des gesammten Lichtbündels eine weit stärkere Divergenz der einzelnen Strahlen verursacht. In Beziehung auf die praktische Optik ist es höchst wichtig, dass die letztere Eigenschaft dem bleihaltigen Flintglase im Gegensatz gegen das Kronglas zukommt. Diese Eigenschaft gewährt das Mittel, dem Lichte eine Brechung zu ertheilen, ohne zugleich eine Farbenzerstreuung hervorzurufen. Wenn man nämlich eine convexe Linse von Kronglas mit einer concaven Linse von Flintglas verbindet, und die letztere von der Stärke nimmt, dass ihre zerstreuende Kraft der der Kronglaslinse gleich ist, so wird ihre brechende Kraft kleiner, als die der Kronglas-

linse sein. Da nun in Folge der entgegengesetzten Krümmungen beider Linsen sowohl ihr Brechungsvermögen als Zerstreuungsvermögen in entgegengesetzter Richtung wirkt, so wird die in der einen Linse hervorgerufene Farbenzerstreuung durch die entgegengesetzte der zweiten Linse wieder aufgehoben, während die durch die Kronglaslinse bewirkte Brechung durch die entgegengesetzte der Flintglaslinse zwar vermindert, aber nicht völlig aufgehoben wird. Beide Linsen zusammen wirken also in Hinsicht auf Brechung wie eine schwächer convexe Linse, und geben ein farbloses (achromatisches) Bild, welches von der durch die Farbenzerstreuung verursachten Undeutlichkeit frei ist.

Es stelle (Tab. 1. fig. 8.) A die convexe Kronglaslinse, B die concave Flintglaslinse vor. Die in die Kronglaslinse einfallenden Strahlen a a′ werden durch dieselbe zerstreut; der Focus der violetten Strahlen v′ liege in v, der der rothen r′ r′ liege in r. Die Flintglaslinse B bricht nun diese gefärbten Strahlen in entgegengesetzter Richtung so stark, dass der violette Strahl wieder mit dem rothen zusammentrifft, wodurch bewirkt wird, dass aus der Linsencombination wieder weisse Strahlen, welche ihren Focus in F haben, hervortreten.

Die Correction der Farbenzerstreuung ist niemals vollständig. Es findet nämlich der auffallende Umstand statt, dass verschiedene Substanzen nicht blos in Hinsicht auf die Stärke der Farbenzerstreuung von einander abweichen, sondern dass sie ungleichförmig auf die Brechung der einzelnen gefärbten Strahlen wirken. Wenn also durch zwei Substanzen die äussersten rothen und violetten Strahlen unter gleichem Winkel von einander abgelenkt werden, so werden die mittleren Strahlen, z. B. die grünen von der einen Substanz eine in der Mitte zwischen roth und violett liegende Abweichung erhalten, während sie durch eine andere mehr gegen das violette, durch eine dritte mehr gegen das rothe Ende des Spectrums hin gebrochen werden können. Man bezeichnet dieses Verhältniss mit dem Ausdrucke der Irratio-

nalität des Spectrums. Wenn man nun durch zwei brechende Mittel von entgegengesetzter Form und verschiedenem Zerstreuungsvermögen die äussersten, einander entgegengesetzten Grenzen der zerstreuten Lichtbündel wieder vereinigt, so werden damit die mittleren Strahlen in Folge der Irrationalität des Spectrums noch nicht mit den äussersten Strahlen vereinigt, und der aus der Linsencombination hervortretende Lichtbündel nicht völlig entfärbt. Man bezeichnet die zurückbleibende Farbenerscheinung mit dem Ausdrucke des secundären Spectrums, und kennt bis jetzt kein Mittel, dieselbe zu heben.

Aus dem eben Gesagten geht hervor, dass zur Aufhebung der chromatischen Aberration die Vereinigung von wenigstens zwei brechenden Mitteln von abweichender Dispersionskraft gehört. Es gibt daher bei einfachen Linsen kein Mittel, sie aufzuheben und man hat, um sie für eine gegebene Linse zu vermindern, nur ein Hülfsmittel, nämlich die Abhaltung der immer im Verhältnisse zu den centralen Strahlen stärker zerstreuten Randstrahlen durch Blendungen. Ein grosser Unterschied in Hinsicht auf die Stärke der chromatischen Abweichung verschiedener Linsen hängt von der Substanz, aus der sie verfertigt sind, ab, indem solche Substanzen, welche ein grosses Brechungsvermögen bei einer verhältnissmässig kleinen Dispersionskraft besitzen, Linsen liefern, welche bei gleicher Vergrösserungskraft und gleicher Oeffnung weit weniger an chromatischer Aberration leiden, als solche Linsen, die aus Substanzen von entgegengesetzten Eigenschaften verfertigt sind.

Gehen wir nach dieser Auseinandersetzung der Wirkung der convexen Linsen zur Betrachtung derselben selbst über. Jede convexe Linse kann als einfaches Mikroskop betrachtet werden. In der Praxis unterscheidet man dagegen zwischen der Lupe und dem einfachen Mikroskope, indem man mit dem ersteren Ausdrucke die schwächeren Linsen, welche eine bis zu etwa 20mal im Durchmesser steigende Vergrösserung geben

und welche beim Gebrauche in der Hand gehalten werden können, bezeichnet, während die stärker vergrössernden Linsen, deren Anwendung den Gebrauch eines Stativs nöthig macht, mit diesem Stative zusammen mit dem Ausdrucke des einfachen Mikroskopes bezeichnet werden. Eine feste Grenze ist jedoch zwischen beiden nicht zu ziehen, und es sind gewöhnlich die einfachen Mikroskope mit einzelnen Linsen versehen, welche in Hinsicht auf ihre Vergrösserungskraft vielen Lupen nachstehen, während man auf der andern Seite sich zum Halten der Lupen häufig einfach gebauter Stative bedient.

A. Von der Lupe.

Kein optisches Instrument ist für den Naturhistoriker, namentlich den Botaniker wegen des beständigen Gebrauches, den er von demselben zu machen hat, nothwendiger, als eine Lupe von etwa 8 bis 16mahliger, oder auch etwas höher steigender Vergrösserung. Sie dient nicht blos dem Systematiker zur Erforschung der Form der Insecten, der Blüthen und ihrer Theile, der kleineren Cryptogamen u. s. w., sondern ist auch in vielen Fällen ein unentbehrliches Hülfsmittel, um grössere Organe zu zerlegen und zur Untersuchung unter dem Mikroskope vorzubereiten. Es ist daher von Wichtigkeit, dieses Instrument in möglichster Vollkommenheit zu besitzen; auffallenderweise sieht man aber einen grossen Theil der Naturhistoriker mit Lupen von der schlechtesten Construction ausgerüstet. Es mag daher nicht überflüssig sein, etwas näher auf Besprechung dieses Instrumentes einzugehen.

Die Forderungen, die an eine gute Lupe gestellt werden müssen, sind folgende. Sie muss eine Vergrösserung von etwa 8 bis 16 mahl mit voller Schärfe und möglichster Lichtstärke geben, ein grosses Gesichtsfeld haben, sie muss daher eine

grosse Oeffnung besitzen und von sphärischer und chromatischer Aberration möglicht frei sein; sie soll vom Objecte möglichst weit abstehen, nicht blos damit demselben beim Darüberhalten der Lupe kein Licht entzogen wird, sondern hauptsächlich deshalb, damit Raum zur anatomischen Zerlegung mittelst der Anwendung von Messern, Pincetten u. s. w. unter der Lupe bleibt und es möglich ist, mittelst derselben in Vertiefungen eines Objectes z. B. in den Grund einer Blüthe hinabzusehen, oder Körper, die in Wasser liegen, zu betrachten. In andern Fällen kann es auch wünschenswerth sein, die Lupe selbst mit ihrem untern Ende ins Wasser eintauchen zu können, um in demselben liegende Körper zu untersuchen. Alle diese Eigenschaften in einer Lupe zu vereinigen, ist unmöglich, man ist zuweilen genöthigt, wenn zu einem bestimmten Zwecke die Lupe eine dieser Eigenschaften vorzugsweise besitzen soll, ein Instrument anzuwenden, bei welchem der Erreichung eines speciellen Vorzuges andere lobenswerthe Eigenschaften aufgeopfert sind.

Sehr häufig sieht man Lupen im Gebrauche, welche aus einer einfachen, doppelt convexen Linse bestehen, oder bei welchen mehrere solcher Linsen übereinandergeschoben werden können, wenn die Vergrösserung gesteigert werden soll. Lupen von dieser Form sind unbedingt die schlechtesten, indem wenn die Vergrösserung nur einigermassen stark sein soll, die chromatische und namentlich die sphärische Abweichung so stark ist, dass das Bild nur in einem sehr kleinen Theile in der Mitte des Gesichtsfeldes scharf ist, alle seitwärts liegenden Theile des Gesichtsfeldes dagegen aufs stärkste verzerrt sind.

Ein weit besseres Resultat erhält man durch die Anwendung planconvexer Gläser, indem sie mit einer weit geringeren sphärischen und chromatischen Abweichung behaftet sind, als die doppelt convexen. Eine planconvexe Linse gibt zwar nur die Hälfte der Vergrösserung von einer doppelt convexen von gleichem Krümmungshalbmesser, allein diesem Uebelstande lässt

sich leicht durch das Uebereinanderlegen zweier planconvexen Linsen abhelfen.

Beim Gebrauche einer einfachen planconvexen Linse ist es nichts weniger als gleichgültig, ob die convexe oder die ebene Seite gegen das Object gewendet wird. Wendet man die convexe Seite gegen das Object, so giebt nur ein kleiner Theil in der Mitte des Gesichtsfeldes ein deutliches Bild, die seitlichen Theile dagegen sind in Folge einer starken sphärischen Aberration äusserst verzerrt, dagegen kann man, wenn man bei unverrückter Lage der Lupe schief durch dieselbe sieht, den deutlichen Theil des Gesichtsfeldes über einen ausgedehnten Theil des Objectes hin und her führen und so einen Theil desselben nach dem andern betrachten. Es passt diese Stellung der Lupe für naturhistorische Untersuchungen nicht, indem sie keinen Ueberblick über die Form des Objectes gestattet, dagegen kann sie allerdings in manchen Fällen z. B. beim Ablesen von Nonien (an welchen die Lupen immer in dieser Stellung angebracht sind) bequem sein. Wendet man die Planseite gegen das Object, so werden die eben beschriebenen Nachtheile in hohem Grade vermindert und es ist nun möglich, auf einen Blick einen grösseren Theil des Objectes im Zusammenhange zu übersehen, wogegen es allerdings nicht mehr möglich ist, schief durch die Lupe einen seitwärts gelegenen Punkt zu betrachten. Da man jedoch die Lupe in der Regel in der Hand hält, und sie somit über dem Objecte hin und her führen kann, so ist damit, dass man in der Richtung der Achse durch dieselbe sehen muss, kein Nachtheil verbunden, und es ist, wegen des grösseren Gesichtsfeldes, das diese Stellung der Lupe gewährt, die Richtung ihrer Planseite nach unten bei naturhistorischen Untersuchungen immer angezeigt.

Verbindet man, um die Vergrösserung der Lupe zu steigern, zwei Plangläser mit einander, so wählt man dieselben in der Regel von gleicher Stärke. Natürlicherweise dürfen in diesem Falle die Planseiten beider Gläser nicht gegeneinander gewendet

werden, wie von ungeschickten Optikern zuweilen geschieht, indem man in diesem Falle die Nachtheile des doppelt convexen Glases hervorruft, sondern es müssen entweder, wie in den Lupen von *Fraunhofer*, *Plössl* u. s. w. die convexen Seiten beider Gläser gegen einander, oder die Planseiten beider Gläser gegen das Object gewendet werden. Die beiden Gläser werden entweder, wie bei der *Wilson*'schen Lupe (Tab. I. fig. 15.) in eine ziemliche Entfernung von einander gestellt und eine Blendung zwischen denselben angebracht, oder sie werden, wie bei der *Fraunhofer*'schen Lupe (Tab. I. fig. 16.) beinahe unmittelbar übereinander gestellt. Im ersteren Falle werden sie in eine Metallröhre gefasst, im zweiten Falle können sie auch, da es bei der geringen Stärke der Lupengläser auf eine sehr genaue Centrirung nicht ankommt, in eine nach Art einer Doppellorgnette zum Zusammenlegen eingerichtete Fassung eingesetzt werden, um sie einzeln oder combinirt gebrauchen zu können.

Wenn gleich bei den angegebenen Stellungen beider planconvexer Gläser die sphärische Aberration so vermindert ist, dass sie, wenn nicht ein gewisses Maass in der Stärke der Lupe überschritten wird, keine sehr bedeutende Nachtheile hat, so ist doch die chromatische Aberration stark genug, um sehr störend zu wirken. Es war daher eine sehr bedeutende Verbesserung der Lupe, dass *Plössl* anfing, dieselbe aus zwei planconvexen achromatischen Gläsern, die einzeln oder combinirt gebraucht werden können (indem sie eine ähnliche Fassung, wie sie die Doppellorgnetten besitzen, haben und daher nach Belieben übereinandergeschoben oder seitwärts von einander entfernt werden können), zu verfertigen; eine solche Lupe lässt in der That in Beziehung auf Reinheit des Bildes wenig zu wünschen übrig und ist meiner Ansicht nach für den gewöhnlichen Gebrauch allen andern Lupen vorzuziehen. Mit grossem Vortheile kann man auch, wenn es sich um stärkere Vergrösserungen handelt, die schwächeren Objective der neueren achromatischen Mikroskope

als Lupe zum Behufe schwieriger Präparationen eines mikroskopischen Objectes benützen.

Der Zweck, eine von sphärischer und chromatischer Aberration beinahe völlig freie Lupe zu erhalten, lässt sich nach dem Vorschlage von *Brewster* auch durch ein einziges Glas erhalten, welchem man die Form einer Kugel ertheilt, in welche ringsum in der Richtung des Aequators bis in die Nähe ihres Centrums eine Rinne eingeschliffen ist (Tab. I. fig. 17). Statt dieser aus einem Glasstücke bearbeiteten Kugel (*Brewster's* grooved sphere), welche niemahls in allgemeinen Gebrauch kam, gebraucht man gewöhnlich die *Coddington*'sche Lupe, welche aus zwei, mit ihren abgestumpften Flächen zusammengekitteten, an ihren Enden sphärisch zugeschliffenen Kegeln von Glas oder aus einem in der Mitte bis gegen das Centrum hin eingesägten Cylinder besteht (Tab. I. fig. 18), welche gekrümmte Flächen ebenfalls Theile einer Kugelfläche sein sollen. Es ist deutlich, dass beide Einrichtungen darin übereinstimmen, dass nur solche Strahlen, welche durch den mittleren Theil der Kugel gehen, welche also ein von sphärischer und chromatischer Abweichung beinahe völlig freies Bild geben, durch eine solche Lupe zum Auge gelangen können, dass dieses gleichmässig für alle Strahlen gilt, sie mögen parallel mit der Achse oder schief auf dieselbe einfallen und dass alle Randstrahlen abgehalten sind. Die Wirkung dieser Lupen ist in der That überraschend, indem sie ein durch Schärfe und Klarheit höchst ausgezeichnetes Bild geben. Dagegen sind sie für den Gebrauch, den man gewöhnlich von den Lupen macht, mannigfach unbequem, weil ihr Focus nur um den 4ten Theil des Kugeldurchmessers von ihrer untern Fläche absteht, wesshalb man die Lupe sehr nahe an das Object halten muss, dasselbe leicht beschattet, in Vertiefungen desselben nicht hinabsehen kann u. s. w. Es ist ferner das Gesichtsfeld dieser Lupe sehr beschränkt; man kann zwar in schiefer Richtung auf eine ziemliche Strecke durch dieselbe auf das Object hinsehen, allein hiemit wird bei natur-

historischen Untersuchungen in der Regel nicht viel gewonnen. Für den gewöhnlichen Gebrauch stehen daher diese Lupen den aus planconvexen, achromatischen Gläsern bestehenden nach, dagegen leisten sie, wo es sich nicht um den Ueberblick eines Objectes, sondern um scharfe Untersuchung einzelner Theile desselben handelt, ausgezeichnete Dienste, auch können sie mit der untern Fläche in Wasser eingetaucht werden, um Körper, die in demselben liegen, zu betrachten. Die von Paris aus (von *Lerebours*) in den Handel gebrachten *Coddington*'schen Lupen geben eine mehr als 20fache Vergrösserung und sind aller Empfehlung werth.

Eine analoge, aber nicht ganz auf demselben Principe beruhende Einrichtung hat die in Deutschland sehr verbreitete Cylinderlupe, welche aus einem cylindrischen, an beiden Enden convex geschliffenen Glasstücke besteht. Bei ihr werden die Randstrahlen auf eine weit unvollkommenere Weise, als bei der *Coddington*'schen Lupe abgehalten, dagegen ist bei ihr, um die sphärische Aberration zu vermindern, die nach unten gewendete Fläche schwächer, als die nach oben gewendete gekrümmt (Tab. I. fig. 19). Die Cylinderlupe giebt ebenfalls ein schönes, jedoch lange nicht so vollkommenes Bild, wie die *Coddington*-sche Lupe, sie theilt den Nachtheil der kurzen Focaldistanz mit derselben, gewährt aber ebenfalls den Vortheil, in das Wasser eingetaucht werden zu können. Sie ist, ungeachtet sie weniger vollkommen als die *Coddington*'sche Lupe ist, dennoch immerhin als eine der besten und wohlfeilsten Lupen zu betrachten. Wendet man die stärker gekrümmte Seite der Cylinderlupe gegen das Object, so hat man den Vortheil, dieselbe in grösserer Entfernung von demselben halten zu können, allein sie zeigt in dieser Stellung eine sehr bedeutende sphärische Aberration.

Eine Modification von der Cylinderlupe ist die *Stanhope*'sche Lupe (Tab. I. fig. 20), bei welcher die obere Fläche so stark convex geschliffen ist, dass der Brennpunkt der Lupe auf die

untere Fläche selbst, oder nur sehr wenig über dieselbe hinausfällt. Mittelst dieser Lupe können kleine Objecte, welche auf die untere Fläche derselben aufgeklebt werden, oder vermöge ihrer Adhäsion an ihr hangen bleiben, betrachtet werden, was bei Demonstrationen bequem sein kann. Sonst verdient diese Lupe keine besondere Beachtung.

Einer Erwähnung mag es werth sein, dass eine analoge, aber weniger vortheilhafte Einrichtung, als *Brewster* seiner ringsum eingefurchten Kugel gab, von *Wollaston* herrührt (phil. transact. 1812. 375), welcher sie unter dem Namen des periskopischen Mikroskopes beschrieb. *Wollaston* brachte (Tab. I. fig. 21) zwischen zwei planconvexen, gleich starken Linsen eine in der Mitte durchbohrte Metallplatte (m. n) an, welche die Bestimmung hatte, die Randstrahlen auszuschliessen. Der Durchmesser der Oeffnung in dieser Blendung betrug ungefähr $^1/_5$ von der Focaldistanz. *Brewster* bemerkt mit Recht, dass wenn diese Einrichtung ihren vollen Nutzen gewähren sollte, die Oeffnung der Metallplatte mit einem durchsichtigen Kitte von gleichem Brechungsvermögen, wie es das Glas besitzt, ausgefüllt werden müsste und dass die gekrümmten Flächen beider Linsen Theile einer Kugel bilden müssten. Vorschläge zu weiteren Abänderungen dieser Einrichtung können bei *Brewster* (a treatise on the microscope, 38) nachgesehen werden; ich glaube sie übergehen zu können, da sie weder praktische Anwendung gefunden haben, noch versprechen.

Das Material, aus welchem die Lupen beinahe ohne Ausnahme verfertigt werden, ist Glas; die Versuche, dem Glase Bergcrystall zu substituiren, verdienen kaum der Erwähnung, indem die grössere Härte dieses Materiales bei einem so einfachen und wohlfeilen Instrumente nicht in Betracht kommt und in optischer Beziehung nichts gewonnen wird. Wie bei allen optischen Gläsern muss bei der Wahl einer Lupe, namentlich einer Cylinderlupe darauf gesehen werden, dass das Glas völlig fehlerfrei ist,

d. h. dass es eine vollkommen homogene Masse bildet und frei von allen in ungleichförmiger Dichtigkeit begründeten Wellen und Fäden ist. Vollkommene Farblosigkeit ist Nebensache, doch ist ein weisses Glas immerhin besser, als ein stark grün gefärbtes.

Die Art der Fassung der Lupe ist für die Fälle, wo man dieselbe zur Betrachtung eines Gegenstandes in der Hand hält, ziemlich gleichgültig; es kommt auf individuelle Liebhaberei an, ob man sie in einen mit einem Stiele versehenen Ring, in ein oben mit einer Blendung versehenes Metallröhrchen, oder nach Art einer Lorgnette fassen lässt. Anders verhält es sich, wenn die Lupe zu anatomischen Präparationen verwendet werden soll. In diesem Falle müssen beide Hände frei und die Lupe auf irgend eine Weise über dem Objecte befestigt sein.

Das einfachste Mittel zu diesem Behufe besteht darin, die Lupe in einen kurzen aus schwarzem Horne gedrehten Conus fassen zu lassen, dessen weitere Oeffnung gross genug ist, um das Auge aufzunehmen. Diese Lupe wird an einem Bande befestigt, das in Form eines Ringes zusammengenäht ist, welcher, wenn er über den Kopf gestreift und die Lupe vor das Auge gebracht wird, diese in ihrer Lage festhält. Bequem bei dieser Einrichtung ist es, dass die Lupe immer auf den Gegenstand, den man gerade untersuchen will und gegen den man das Auge wendet, gerichtet ist, allein sehr unbequem ist es, dass man den Kopf beinahe auf den zu untersuchenden Gegenstand auflegen muss; auch kann die Einschliessung des Auges in eine dichte Capsel leicht starke Ausdünstung der Umgebungen desselben und bei der Abnahme der Lupe Erkältung nach sich ziehen. Jedenfalls kann man auf diese Weise nur schwache Lupen anwenden.

Weit zweckmässiger ist es, die Lupe auf einem Gestelle zu befestigen, mittelst dessen sie in eine beliebige Lage zum Object gebracht werden kann. Die mechanische Einrichtung eines solchen Gestelles lässt natürlicherweise eine Menge verschiedener Ausführungen zu; folgende Punkte scheinen mir aber bei der

Construirung desselben nicht ausser Augen gelassen werden zu dürfen.

1) Die Lupe muss leicht und sanft auf und ab bewegt werden können. Seitliche Bewegungen sind weniger nothwendig, indem gewöhnlich das Object keine solche Grösse besitzt, dass es nicht ebenso leicht unter der Lupe seitlich und vor- und rückwärts verschoben werden kann; jedenfalls lässt sich, wenn man an einem grossen Object präparirt, neben welches der Lupenträger gestellt wird, durch Drehung des letzteren der Lupe jene Bewegung ertheilen.

2) Die Fassung der Lupe muss so eingerichtet sein, dass dieselbe in den Lupenträger eingesteckt und nicht eingeschraubt wird, damit man dieselbe schnell mit einer stärkeren oder schwächeren verwechseln kann. Die Lupe muss daher entweder in ein, oben mit einem vorstehenden Rande versehenes Röhrchen gefasst sein, welches in einen Ring am Lupenträger eingesteckt wird, oder ihre Fassung muss seitwärts einen schwach conischen Fortsatz haben, welcher in eine entsprechende Oeffnung des Lupenträgers passt.

3) Kleine Objecte müssen auf einem Tischchen oder einer ähnlichen Vorrichtung aufgelegt werden können, welches gross genug ist, um beide Hände auf dasselbe aufstützen zu können, um ihnen bei schwierigen Präparationen die nöthige Festigkeit zu ertheilen.

4) Das Tischchen muss eine von einer Glasplatte bedeckte Oeffnung haben, durch welche man von unten Licht mittelst eines Spiegels nach oben reflectiren kann, um nach Umständen im durchscheinenden Lichte die Zerlegung der Objecte vornehmen zu können. Wünscht man die Objecte auf schwarzem Grunde zu sehen, so dreht man die hintere, geschwärzte Seite des Spiegels nach oben.

Diesen Zwecken wird, wenn es sich um Zubereitung kleiner Objecte handelt, vollkommen durch ein Kästchen von etwa 6—8″ Länge, 3″ Breite und Höhe Genüge geleistet, welches auf seiner gegen das Fenster gewendeten Seite (Tab. I. fig. 37) offen ist, einen um eine horizontale Achse drehbaren Planspiegel, welcher mittelst eines auf der rechten Seite vorstehenden geränderten Kopfes zu drehen ist, enthält und auf der obern Seite von einer durch eine Glasplatte zu verschliessenden Oeffnung (b. b) durchbohrt ist. Die Lupe d ist in einen Arm, der zwei Charniergelenke c c hat und auf der linken Seite des Kästchens angeschraubt ist, eingehängt. Ich finde diese Vorrichtung, die man sich um wenige Gulden machen lassen kann, vollkommen genügend. Wer dagegen ein passendes Stativ für ein einfaches Mikroskop besitzt, kann sich dessen bedienen, er wird dasselbe jedoch schwerlich besser, als jene wenig kostspielige Vorrichtung finden.

Handelt es sich dagegen nicht um Zubereitung kleiner Gegenstände, die man auf eine Glasplatte auflegen kann, sondern will man unter der Lupe Untersuchungen an grossen Körpern vornehmen, so muss man sich eines Lupenträgers bedienen, welcher neben den zu untersuchenden Körper gestellt wird und mit einem langen Arme versehen ist. In diesem Falle ist es am bequemsten, denselben mit einem schweren Fusse von Metall zu versehen, auf dem eine etwa 4″ hohe Säule steht, in welcher sich ein durch Federung fest gehaltener Cylinder auf- und abwärts schieben lässt, welcher an seinem oberen Ende eine durch ein Charnier bewegliche federnde Hülse trägt, in welche ein, wenigstens mit Einem Charniergelenk versehener langer Lupenträger eingesteckt ist.

Bei der Benützung der Lupen ist es im Allgemeinen Regel, das Auge der Lupe so nahe als möglich zu bringen, indem man hiebei das grösste Gesichtsfeld hat; wenn es sich dagegen nicht um den Ueberblick eines grösseren Gegenstandes, sondern um Betrachtung eines einzelnen Punktes handelt, so kann man auch

das Auge in grössere Entfernung z. B. 6 bis 8″ von derselben bringen, ohne der Deutlichkeit des Bildes dadurch zu schaden.

B. Vom einfachen Mikroskope.

Es wurde schon oben bemerkt, dass kein scharfer Unterschied zwischen dem einfachen Mikroskope und der Lupe existirt, und dass der Unterschied in der Stärke der vergrössernden Linsen und der Anwendung eines Stativs liegt, indem man die stärkeren Linsen, welche zu ihrer Anwendung den Gebrauch eines Stativs erfordern, zum einfachen Mikroskope, die schwächeren zu den Lupen rechnet.

Da das einfache Mikroskop früher als das zusammengesetzte Mikroskop zu einer gewissen Vollendung gelangte, so war es ungeachtet aller seiner Mängel für die früheren Beobachter ein Instrument von grossem wissenschaftlichem Werthe; dieses Verhältniss hat sich zwar in Hinsicht auf seine Anwendung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, welche eine bedeutende Vergrösserung erfordern, in der neueren Zeit geändert, dagegen ist das einfache Mikroskop auch noch jetzt zum Behufe der Präparation feiner Objecte ein beinahe unentbehrliches Instrument.

Die früheren Beobachter benützten als einfaches Mikroskop beinahe allgemein die doppelt convexe Linse. So lange man nicht sehr weit gehende Vergrösserungen verlangt, leistet dieselbe auch in der That nicht zu verachtende Dienste. Allein wie man die Vergrösserung über einen gewissen Grad, d. h. auf mehrere hundert mahl im Durchmesser steigern will, so treten die nachtheiligen Eigenschaften dieser Form der Linse immer mehr hervor. Es bestehen dieselben vorzugsweise in der grossen sphärischen und chromatischen Aberration, welche um auf einen erträglichen Grad vermindert zu werden, die Anwendung von sehr engen Blendungen erforderlich macht. Durch diese

wird der bei starken Linsen ohnediess sehr kleine Durchmesser des zum Auge gelangenden Lichtbündels noch mehr verschmälert, was nothwendigerweise einen grossen Mangel an Helligkeit zur Folge hat. Nach der Berechnung *Littrow's* (*Gehler's* Physic. Wörterb. VI. 2200) beträgt die Helligkeit bei einer Linse von 10mahliger Vergrösserung 0,8, bei 20mahliger 0,4, bei 100-mahliger 0,08, bei 140mahliger 0,06 der Klarheit des natürlichen freien Auges. Nun lässt sich allerdings bei durchsichtigen Objecten durch künstliche Beleuchtung die Helligkeit beinahe bis zu jedem beliebigen Grade steigern, damit wird jedoch der schädliche Einfluss, den die Beobachtung mittelst kleiner Linsen auf das Auge äussert, nicht entfernt. Das Auge wird nämlich, wenn man längere Zeit hindurch mit solchen kleinen Linsen, die nur einen sehr schmalen Lichtbüschel durchlassen, beobachtet, aufs äusserste angestrengt. Ausserdem wird die Beobachtung durch die geringe Entfernung der Objecte von der Linse sehr unbequem und der mittlere, ein reines Bild gewährende Theil des Gesichtsfeldes ist sehr klein.

Es unterliegt zwar keinen grossen Schwierigkeiten, Glaslinsen von einer sehr geringen Brennweite z. B. von $^1/_{60}$ und $^1/_{80}$ Zoll Brennweite zu schleifen, allein man fand es doch vielfach bequemer, anstatt solche kleine Glaslinsen zu schleifen, kleine Glaskügelchen durch Schmelzung zu verfertigen, die sich ohne viele Mühe in grosser Vollendung und von beliebig kleinem Durchmesser herstellen lassen, so dass *Harting* angibt, er hätte sich in Platinblech eingeschmolzene Kügelchen verfertigt, welche Vergrösserungen bis zu 2200mahl im Durchmesser geben. Mit der Anwendung von Kügelchen an der Stelle von Glaslinsen erschwert man sich hingegen die Beobachtung noch mehr, indem die Entfernung zwischen dem Object und den starken Kügelchen beinahe verschwindend klein wird.

Unter diesen Umständen und bei der grossen Vollendung, welche das achromatische zusammengesetzte Mikroskop erhalten

hat, wird es nicht leicht mehr Jemand einfallen, Glaskügelchen zu wissenschaftlichen Untersuchungen zu verwenden. Da jedoch vielleicht doch mancher Leser Versuche mit solchen Kügelchen zu machen wünscht, und da sich durch Abschleifen der einen Hälfte solcher Kügelchen sehr gute planconvexe Glaslinsen verfertigen lassen, so ist es vielleicht nicht überflüssig, ein paar der besten Methoden anzuführen, wie sich solche Kügelchen verfertigen lassen.

Nach der Methode von *Laligant* und *Le Baillif* wählt man Stücke von reinem und leicht schmelzbarem Fensterglase und zersprengt diese, indem man die Flamme der Glasbläserlampe plötzlich und stark auf sie wirken lässt, wo möglich in längliche Stücke, die jedoch nicht über 5 bis 6 Millimeter breit sein sollen. Mit dem Diamant dürfen die Stücke nicht abgeschnitten werden, weil die Rauhigkeiten, welche die Kanten dabei erhalten, leicht zu Blasen Veranlassung geben. Man schmilzt nun vor der Lampe an die beiden Enden eines solchen Glasstückchens als Handhabe eine Glasröhre oder dergl. an, und erweicht das Glasstückchen in dem heissesten Theile der Flamme, wo es sich zu einem Cylinder von einem halben Millimeter Dicke abrundet. Man sucht nun mit der Lupe die reinsten Stellen dieser Glascylinder aus und zieht diese vor der Lampe zu Fäden aus, deren Dicke im Verhältniss zu der Grösse der zu schmelzenden Kügelchen steht. Um die Kügelchen zu bilden hält man ein Stückchen eines solchen Glasfadens, das man am andern Ende mit einer Pincette fasst, mit dem andern Ende in die Flamme einer Weingeistlampe. Dieses Ende schmilzt nun zu einem Kügelchen, welches an dem mit der Zange gefassten und dadurch kühler gehaltenen Stücke des Glasfadens sitzt. Die Fassung der Linse muss so eingerichtet werden, dass dieser Stiel seitwärts gedreht werden und in eine Rinne der Fassung aufgenommen werden kann (*Chevalier*, des microscopes et de leur usage. 50).

Die Methode von *Harting* (bulletin des scienc. phys. et natur.

en Néerlande. 1840. 370) stimmt in Hinsicht auf die Verfertigung der Kügelchen im Wesentlichen mit der vorhin beschriebenen Methode überein, dagegen legt *Harting* das Glaskügelchen nicht unmittelbar in eine Fassung, sondern schmilzt dasselbe nach dem Vorgange von *Sivright* in das Loch eines Platinbleches ein. Zu diesem Behufe bohrt er in ein Stück Platinblech, welches etwa 2 — 3 Millimeter breit ist, mit einer Nähnadel ein Loch, schlägt den auf der einen Seite durch das Bohren aufgeworfenen Rand der Oeffnung mittelst leichter Hammerschläge auf einer Bleiplatte wieder platt und bohrt mit der Nadel nach, bis die Oeffnung vollkommen rund ist. Das an dem Glasfaden angeschmolzene Glaskügelchen, welches in die Oeffnung des Bleches eingesetzt werden soll, trennt *Harting* auf die Weise vom Glasfaden, dass er den letzteren durch ein in ein Papier gestochenes Loch steckt und mit einer Scheere den Faden so nahe als möglich am Papier abschneidet, so dass nur ein ganz kurzer Ansatz an der Kugel sitzen bleibt. Dieses Kügelchen wird nun in die um ein Drittheil kleinere Oeffnung eines Platinbleches so eingelegt, dass der Ansatz des Glasfadens nach oben sieht und das Ganze in die heisseste Stelle der Flamme der Glasbläserlampe gebracht, wo das Kügelchen bald in Fluss kommt und während der Ansatzpunkt des Fadens verschwindet, sich in der Oeffnung des Bleches festschmilzt. Damit die kleineren Kügelchen nicht durch den Luftzug des Löthrohres von dem Bleche weggeblasen werden, gibt *Harting* den Rath, das Platinblech mit dem auf demselben liegenden Kügelchen von oben nach unten sogleich in den heissesten Theil der Flamme zu führen. Die kleineren, über 300mahl vergrössernden Kügelchen haften am Platinbleche fest, so dass man dieses unmittelbar in eine Fassung, welche nur das Blech festhält, einsetzen kann; grössere Kügelchen lösen sich dagegen leicht vom Platinbleche ab, daher legt *Harting* über das Platinblech ein durchbohrtes Bleiplättchen und schraubt beide durch die Fassung auf einander.

Die früher bei der Verfertigung von Glaskügelchen befolgten

Verfahrungsarten können in *Gehler's* physicalischem Wörterbuche T. VI. 2203 nachgesehen werden.

Mag man nun Glaslinsen oder Glaskügelchen anwenden, so ist das Resultat, wenn man die Vergrösserung auf mehrere 100 Durchmesser steigert, ein keineswegs befriedigendes, indem ganz abgesehen von der Unbequemlichkeit der Beobachtung das Bild, welches diese kleinen Linsen liefern, in Beziehung auf Reinheit und Schärfe zwar allerdings dem Bilde eines nicht achromatischen zusammengesetzten Mikroskopes weit vorzuziehen ist, allein mit den stärkeren Vergrösserungen der neueren achromatischen Mikroskope lange nicht verglichen werden kann. Ich vermag z. B. mit den mir zu Gebote stehenden Linsen, die ich theils selbst geschliffen, theils von *Dollond* erhalten habe, auf den Schuppen von *Hipparchia Dejanira* keine Querlinien zu sehen, ungeachtet diese Schuppen ein leichteres Object, als die weiter unten unter den Probeobjecten beschriebenen Schuppen von *Hipparchia Janira* sind.

Diese Mängel der Glaslinsen gaben zu einer Reihe von Versuchen, das einfache Mikroskop zu verbessern, Veranlassung.

Das einfachste Mittel bestand darin, der Glaslinse eine bessere Form zu ertheilen, um die sphärische Aberration möglichst zu vermindern. Um diesen Zweck zu erreichen, gibt man gewöhnlich der Glaslinse die planconvexe Form und wendet beim Gebrauche die Planseite gegen das Object. Diese Form ist zwar nicht die allergünstigste, indem für gewöhnliches Glas die beste Form *) eine doppelt convexe Linse, deren Radien sich wie

*) Es mag hier angeführt werden, dass die beste Form der einfachen Linse je nach dem Brechungsvermögen der Substanz, aus der sie gebildet ist, sehr verschieden ist. Nach den Untersuchungen von *Coddington* verhalten sich die beiden Radien der Linsen, die ein Minimum von Aberration haben, bei Flintglas, Quarz, Topas (Refractionsindex 1,6) wie 1 zu 14, bei Sapphir, Rubin, Spinell, Granat (Refractionsindex 1,8) wie 1 zu — 12, bei Zircon (Refractions-

1 zu 6 verhalten, ist, sie bietet aber dennoch vor der doppelt convexen Linse mit gleich gekrümmten Flächen bemerkenswerthe Vortheile dar; allein da bei stärkeren Vergrösserungen auch hier dieselben Uebelstände, wie bei den doppelt convexen Linsen eintreten, so ist der Gebrauch dieser Linsen zu wissenschaftlichen Untersuchungen ebenfalls nicht sehr anzurathen.

Von weit besserem Erfolge gekrönt waren die Versuche, einentheils statt einfacher Linsen Combinationen von zwei bis drei Linsen anzuwenden, anderntheils zur Verfertigung der Linsen dem Glase andere Substanzen zu substituiren.

Den ersten Weg verfolgte *Wollaston* bei Verfertigung seiner Doppellinsen (Dublets). Nach seiner Vorschrift (a description of a microscopic doublet, by *Wollaston*. Philos. transact. 1829. 9) sind zwei planconvexe Linsen, deren Focallängen sich wie 3 zu 1 verhalten und welche beide mit der Planseite nach unten gewendet werden (Tab. II. fig. 6. g. f.) in der Entfernung über einander zu schrauben, dass ihre ebenen Flächen $1^4/_{10}$ bis $1^5/_{10}$ der Focallänge der stärkeren Linse von einander entfernt stehen. Die stärkere Linse ist gegen das Object gewendet. Es ist, wie man sieht, dieses *Wollaston*'sche Dublet nichts anders, als ein in kleinerem Maassstabe ausgeführtes, in umgekehrter Richtung angewendetes, astronomisches Ocular mit näher zusammengerückten Linsen, und es wurde auch in der That *Wollaston* durch das *Huygen*'sche Ocular auf den Gedanken gebracht, eine ähnliche Linsencombination als Mikroskop zu verwenden, in der Hoffnung durch dieselbe die sphärische und chromatische Aberration der einzelnen Linsen zu corrigiren. Das Resultat war auch in der That ein höchst günstiges, denn einem solchen Dublet kann nicht nur eine weit grössere Oeffnung als einer Linse von gleicher Vergrösserungskraft gegeben werden, wodurch eine weit grössere

---

index 2,0) wie 1 zu — 5, nach *Brewster* beim Diamant (Refractionsindex 2,4) nahezu wie 1 zu — 3.

Lichtstärke erhalten wird, sondern es sind auch die Aberrationen, wenn gleich nicht völlig aufgehoben, doch in hohem Grade vermindert.

Die englischen Optiker, bei welchen das Dublet mit Recht grosses Glück machte, änderten an der *Wollaston*'schen Einrichtung mancherlei. In dieser Hinsicht verdienen besonders die Bemühungen *Pritchard*'s angeführt zu werden. Dieser fand, dass die von *Wollaston* angegebene Entfernung der beiden Linsen nicht die günstigste ist, sondern dass man den besten Effect erhält, wenn die Entfernung derselben der Differenz der Focallängen der beiden Linsen gleich ist. Ferner fand *Pritchard*, dass das Verhältniss des Focus beider Linsen nach Willkühr geändert werden könne, wenn nur die Differenz derselben grösser als die Dicke der vordern Linse ist; je grösser diese Differenz ist, desto mehr Raum gewinnt man vor der vordern Linse, was bei starken Vergrösserungen von grossem Werthe ist, daher sollte das Verhältniss nie kleiner, als 1 zu 3 sein. *Pritchard* gibt an, sehr gute Dublets gemacht zu haben, bei welchen die Differenz wie 1 zu 6 war. Als nothwendige Regeln zur Verfertigung guter Dublets gibt er an 1) dass die convexe Fläche der Linse vollkommen sphärisch sein müsse, 2) dass die Entfernung beider Linsen durch Versuche auszumitteln sei und dass die Fassung so eingerichtet werden müsse, dass die Linsen in der einmahl aufgefundenen besten Stellung unverändert erhalten werden. *Pritchard* versichert, er hätte zuweilen ganze Tage dazu nöthig gehabt, ein auseinander genommenes Dublet wieder in Ordnung zu bringen. 3) Die Blendung (welche die *Wollaston*schen Dublets nicht hatten) müsse unmittelbar hinter der vordern Linse stehen *).

*) Unter dem Ausdrucke der vorderen Linse kann *Pritchard* wohl nichts anderes, als die gegen das Object gewendete Linse verstehen; allein auffallenderweise ist bei den von ihm publicirten Zeichnungen von Dublets (micr. cabinet. Tab. XI. fig. 10. 11,

Die Leistungen der Dublets sind in der That in Hinsicht auf Klarheit und Schärfe des Bildes überraschend, wenigstens wenn die Vergrösserung auf nicht mehr, als etwa 200mal im Durchmesser steigt, und es eignen sich schwächere Dublets ganz ausgezeichnet dazu, um unter ihnen zu präpariren. Wenn dagegen die Vergrösserung auf 300 und mehr Durchmesser steigt, so konnte ich wenigstens bei denjenigen starken Dublets, die ich an schwierigen Probeobjecten prüfte, das Bild nicht mehr befriedigend finden. Es war dasselbe zwar auf den ersten Anblick noch hinreichend scharf, allein mit schwierigen Objecten geprüft standen ihre Leistungen in Hinsicht auf Penetration einem guten achromatischen Mikroskope weit nach; ich konnte z. B. die Querstreifen auf den Schuppen von *Hipparchia Janira* nicht mit denselben sehen. Es mag bei den grossen Schwierigkeiten, welche nach den Angaben von *Pritchard* (nach dessen Angabe immer nur eine verhältnissmässig geringe Anzahl gut ausfällt) die Verfertigung von guten Dublets hat, der Fall sein, dass die von mir untersuchten starken Dublets nicht ganz tadellos waren; allein jedenfalls wird man zugeben müssen, dass der hauptsächliche Nutzen, welchen der Gebrauch der Dublets hat, nicht in der Anwendung starker Dublets zu schwierigen Untersuchungen besteht, indem dieselben die Nachtheile des einfachen Mikroskopes in Hinsicht auf grosse Annäherung des Objectes, kleines Gesichtsfeld u. s. w. haben, sondern dass ihre Hauptanwendung darin besteht, dass man die schwächeren derselben, welche noch hinreichenden Raum zur Anwendung von Instrumenten gewähren,

---

von welchen die eine auf Tab. I. fig. 22. copirt ist, in welcher Zeichnung c. die Blendung darstellt), die Blendung unmittelbar unter der oberen Linse angebracht. In demselben Werke (p. 166) legt er jedoch einen ganz besonderen Werth darauf, dass die Blendung unmittelbar hinter der vordern Linse (close behind the anterior lens) stehe, indem alsdann keine zweite Blendung erforderlich sei und das Gesichtsfeld ohne merkbare Zunahme der Aberration vergrössert werde.

zum Präpariren mikroskopischer Objecte benützt. Zu diesem Behufe können Dublets von 50- bis 60facher Vergrösserung noch mit Bequemlichkeit gebraucht werden.

Eine andere Einrichtung gab *Charles Chevalier* (des microscopes. 60.) seinen Dublets, indem er zwei planconvexe, einander auf geringe Entfernung genäherte Linsen von gleichem Focus, aber ungleicher Breite so übereinander stellte, dass die grössere nach unten steht (Tab. I. fig. 23.). Bei dieser Construction vernachlässigte *Chevalier* die beim *Wollaston*'schen Dublet durch die Entfernung der beiden Linsen bewirkte Correction der chromatischen Aberration, indem er diese nicht für sehr wesentlich hält; einen grösseren Werth legte er auf die geringe Dicke des Dublets, und stellte daher die beiden Linsen sehr nahe über einander, wodurch allerdings ein grösserer Abstand der vorderen Linse vom Objecte erzielt wurde. Die breitere Linse wurde nach unten gestellt, um eine grössere Helligkeit zu erhalten. Ob und wie weit bei dieser Anordnung der Linsen die gleiche Schärfe des Bildes, wie beim *Wollaston*'schen Dublet, erreicht wurde, kann ich nicht angeben, indem ich keine Gelegenheit hatte, solche *Chevalier*'sche Dublets zu prüfen. Für manche Fälle wichtiger, als diese Veränderung, von welcher mir zweifelhaft ist, ob sie als eine Verbesserung zu bezeichnen ist, ist die von *Chevalier* getroffene Einrichtung, den Abstand der vorderen Linse des Dublets vom Objecte zum Behufe der Präparation unter demselben dadurch zu vergrössern, dass er über demselben eine achromatische Concavlinse anbrachte. Je stärker eine solche Linse ist und je näher sie über dem Dublet steht, desto grösser wird der Abstand zwischen diesem und dem Objecte, so dass man allerdings bei Anwendung eines starken Concavglases bei schwächeren Dublets nicht unbedeutend in dieser Hinsicht gewinnt, indem bei einem 50mal vergrössernden Dublet diese Entfernung leicht um 2 Millimeter gesteigert werden kann; allein bei starken Dublets, bei welchen dieser Gewinn vorzugs-

weise hoch anzuschlagen wäre, beträgt er so wenig, dass er nicht mehr in Betracht kommt. Durch das Concavglas wird zugleich die Vergrösserung des Dublets gesteigert; hiebei gewinnt man jedoch nichts, indem an Schärfe des Bildes mehr verloren, als an Grösse gewonnen wird. Aus diesem Grunde finde ich den Nutzen der ganzen Einrichtung zweifelhaft.

Auf analoge Weise, wie die Dublets verfertigt werden, verfertigte *Pritchard* auch Triplets, bei welchen die oberste Linse die schwächste war. Er bemerkt, dass die Verfertigung derselben in Beziehung auf die Zusammenordnung und Centrirung der Linsen grösse Schwierigkeiten darbiete, dass sie die schwierigsten gestreiften Objecte mit grosser Schärfe, aber cylindrische Objecte, z. B. Haare von Mäusen und Fledermäusen, nicht gut zeigen; ein Urtheil, welches *Brewster* vollkommen bestätigt.

Andere Versuche, das einfache Mikroskop zu verbessern, gingen von dem Gedanken aus, als brechendes Medium andere Substanzen als Glas zu verwenden.

Der Versuch von *Stephan Gray*, als vergrössernde Linse einen Wassertropfen, der in die Oeffnung eines Metallplättchens eingesetzt wurde, zu verwenden, verdient aus nahe liegenden Gründen keine Berücksichtigung. Auf eine zweckmässigere Weise verfuhr *Brewster* (treat. on the microsc. 25.), um aus Flüssigkeiten Linsen zu bilden, indem er kleine Tröpfchen von reinem Terpentinfirniss und ähnlichen Flüssigkeiten auf dünne Glasplättchen aufsetzte, wodurch er planconvexe Linsen von beliebig kleiner Focaldistanz, oder beim Aufbringen zweier Tropfen auf beide Glasseiten doppelt-convexe Linsen bildete. Wenn das Glas von jeder Fettigkeit mittelst einer Sodaauflösung gereinigt wurde, so war der Rand dieser Linsen schön kreisförmig, und der einzige Einfluss der Schwere, welcher sich jedoch mit der Klebrigkeit der Flüssigkeit und der Kleinheit des Tropfens verminderte, bestand darin, dass die untere Linse verlängert, die obere abgeplattet wurde. *Brewster* gibt an, dass

die Wirkung dieser Linsen jede Erwartung übertroffen habe, dass einige derselben den besten Sapphirlinsen gleichgekommen seien (l. c. p. 5.), und dass sich einige über ein Jahr lang gut erhalten hätten. Ungeachtet dieses Zeugnisses wird es jedoch kaum einen mikroskopischen Beobachter geben, welcher geneigt wäre, die Verfertigung und Anwendung solcher Linsen für viel mehr, als eine artige Spielerei, oder für ein in Ermanglung eines andern Mikroskopes im Nothfalle anzuwendendes Auskunftsmittel zu erklären. Das Mikroskop muss für den, der viel beobachtet, leicht zu reinigen und jederzeit in Ordnung sein, und darf nicht aus einer durch Staub und durch Berührung so leicht zu ruinirenden Substanz, wie ein eingetrockneter Terpentintropfen ist, bestehen.

Für noch weniger praktisch ist der Versuch *Brewster's*, die Crystallinse von kleinen Fischen als Mikroskop zu verwenden, zu betrachten. Er gibt zwar an, dieselbe hätte ein sehr vollkommenes Bild kleiner Objecte gegeben (l. c. 31.), allein es wird doch kaum jemand im Ernste versucht sein, Anwendung von einem solchen Mikroskope zu machen.

Unendlich glücklicher war *Brewster's* Gedanke, Edelsteine zur Verfertigung von Mikroskoplinsen zu verwenden, indem denselben ihr grosses Brechungsvermögen und ihre kleine Zerstreuungskraft einen ganz entschiedenen Vorzug vor dem Glase zu verleihen schien. *Brewster* liess sich auch eine Linse aus Rubin und eine aus Granat schleifen, welche alle vorher von ihm gebrauchten Linsen weit übertrafen. Den Diamant zu diesem Zwecke zu verwenden, machte er keinen Versuch, weil erfahrene Diamantschleifer es für unmöglich erklärt hatten, denselben in sphärischer Form zu schleifen. Dr. *Goring* liess sich jedoch nicht abschrecken, sondern veranlasste *Pritchard**), den Versuch mit dem Schleifen einer Diamantlinse zu machen. Es war

*) Vergl. *Pritchard's* microsc. cabinet. 107.

hiebei eine Masse von Schwierigkeiten zu überwinden, und die Verfertigung einer vollkommenen Linse gelang erst nach jahrelangem Bemühen. Die Härte des Steines machte natürlicherweise das Schleifen sehr zeitraubend, so dass 50 — 60 Stunden für eine Linse nothwendig sind; der Kitt, mit welchem die Linse während der Arbeit befestigt werden muss, widerstand der starken Erwärmung, welche der Stein bei der Bearbeitung erfährt, nicht, bis gefunden wurde, dass mit gepulvertem Bimsstein gemengter Schellack dem Zwecke entsprach; einzelne Linsen zeigten sich, nachdem sie geschliffen waren, völlig unbrauchbar, indem sie ein doppeltes oder dreifaches Bild gaben. Der letztere Umstand war sehr unerwartet, da der Diamant, als zum regelmässigen Crystallsystem gehörig, das Licht nur einfach brechen sollte. Aus der Untersuchung einer solchen Linse durch *Brewster* (treat. on the microscopc. 19.) ging jedoch hervor, dass die ebene Seite derselben, wenn sie im dunkeln Zimmer einem sehr schmalen Sonnenstrahle ausgesetzt wurde, mit tausenden von feinen Streifen, welche das Licht zum Theile schwächer, zum Theile stärker reflectirten, bedeckt war. Es schien also keinem Zweifel unterworfen zu sein, dass der Stein aus vielen Schichten von verschiedener reflectirender und brechender Kraft bestand, welche bei jener Linse im mikroskopischen Bilde um so mehr eine Unregelmässigkeit erzeugen mussten, als diese Schichten eine mit der Achse der Linse nahezu parallele Lage hatten. Um solche und ähnliche Fehler des Diamants schon vor seiner Bearbeitung zur Linse zu entdecken, gibt *Brewster* den Rath, vorher zwei ebene Seiten an ihn anzuschleifen, oder ihn in Cassiaöl eingetaucht zu untersuchen.

Die Vorzüge, welche die Diamantlinse vor der Glaslinse besitzt, sind höchst bedeutend. Sie sind in zwei Umständen begründet. Einmal ist nämlich das Brechungsvermögen des Diamants so bedeutend, dass eine aus demselben verfertigte Linse, welche 8 zum Radius hat, die gleiche Vergrösserung gibt, wie

eine Glaslinse, deren Krümmungshalbmesser 3 ist; da nun die sphärische Aberration mit der Krümmung der Linse und mit ihrer Dicke zunimmt, so erträgt eine Diamantlinse eine weit grössere Oeffnung, als eine Glaslinse von gleicher Vergrösserungskraft. *Pritchard* hat den relativen Werth des Diamants und des Glases durch eine Zeichnung (Tab. I. fig. 13.) erläutert. D stellt eine planconvexe Diamantlinse, G eine Glaslinse vor, deren Hauptfocus in F liegt. Der Randstrahl der Diamantlinse schneidet die Achse in d, der der Glaslinse in g; die longitudinale Aberration der Diamantlinse ist also d F, die der Glaslinse g F. Bei der Diamantlinse beträgt die Aberration $^3/_7$ ihrer Dicke, bei der Glaslinse $^7/_6$ ihrer Dicke. Nimmt man die Dicke der Diamantlinse zu 255, die der Glaslinse zu 758 an, so erhält man $^3/_7$ von 255 = 108, und $^7/_6$ von 758 = 884, woraus folgt, dass die wirkliche Aberration einer Diamantlinse nur etwa $^1/_9$ von der Aberration einer Glaslinse von gleicher Stärke und Oeffnung ist. Nimmt man an, dass eine Diamantlinse in der gleichen Schale mit einer Glaslinse geschliffen ist, also dieselbe Krümmung und Dicke hat, so würde sich die longitudinale Aberration der Diamantlinse zu der der Glaslinse wie 43 zu 117, oder nahezu wie 1 zu 3 verhalten; und nimmt man an, die Focallänge von beiden sei $^1/_{80}$ Zoll, so wird die Diamantlinse 2133, die Glaslinse nur 800mal vergrössern. Sollte die Glaslinse ebenso, wie die Diamantlinse, vergrössern, so dürfte ihre Focaldistanz nur $^1/_{200}$ Zoll betragen.

Wäre dieses ausserordentlich starke Brechungsvermögen des Diamantes mit einem verhältnissmässig grossen Zerstreuungsvermögen verbunden, so würde sein Werth für mikroskopische Linsen ungemein vermindert. Allein die letztere Kraft ist beim Diamanten nur um ein sehr Unbedeutendes grösser, als beim Kronglase, woraus der weitere Vortheil bei der Diamantlinse hervorgeht, dass auch ihre chromatische Aberration beinahe dreimal kleiner, als die einer gleich stark vergrössernden Glaslinse ist.

Rechnet man zu diesen Vorzügen, welche der Diamant in optischer Beziehung besitzt, noch hinzu, dass seine Härte die zufällige Beschädigung einer aus diesem Stoffe verfertigten Linse beinahe unmöglich macht, so muss seine Verwendung zu Linsen als eine höchst bedeutende Verbesserung des einfachen Mikroskopes erscheinen, und es ist nur zu bedauern, dass der sehr hohe Preis, welchen diese Linsen wegen ihrer schwierigen Verfertigung immer behalten müssen, ihrer Verbreitung sehr enge Grenzen setzt; es scheint auch, dass unerachtet aller Erfahrung, welche sich *Pritchard* im Schleifen der Diamantlinsen erwarb, es demselben doch nicht gelungen ist, viele gute Linsen zu verfertigen und für dieselben ein Publikum zu finden, wenigstens gibt er in seinem im Jahre 1832 erschienenen Microscopic cabinet an, er hätte nur zwei ganz vollendete Diamantlinsen geschliffen. Die Schwierigkeit der Bearbeitung war auch die Ursache davon, dass *Pritchard* seinen Diamantlinsen eine planconvexe Form gab, indem ihm hiedurch das Schleifen der Planfläche erspart wurde; die beste Form wäre die eines Meniscus, dessen Radien sich wie 1 zu — 3 verhalten.

Pritchard versuchte auch mit Erfolg, Linsen aus Sapphir zu schleifen. Diese Linsen stehen zwar nach dem Urtheile von *Brewster* den Diamantlinsen nach, übertreffen aber doch die besten Glaslinsen weit. Wenn doppeltconvexe Linsen von Sapphir und Glas gleiche Oeffnung und Vergrösserung haben, so verhalten sich ihre Krümmungen wie 5 zu 3, wie Tab. I. fig. 14. zeigt, wo A die Sapphirlinse, B die Glaslinse, F den Focus bezeichnet. Diese geringe Dicke der Edelsteinlinse bildet einen weiteren Vorzug bei starken Linsen, indem sie Raum für Deckgläser und Zergliederungsinstrumente gewährt.

Alle Steine, welche wie der Sapphir, Zircon, Topas eine doppelte Strahlenbrechung zeigen, müssen so geschnitten werden, dass die Linsenachse mit der Achse der doppelten Brechung zusammenfällt. Dieses ist nicht nur schwierig, sondern es wird

auch die doppelte Brechung nicht vollständig entfernt, da die Strahlen beim Gebrauch der Linse nicht parallel mit der Achse durch die Linse gehen. Der Schaden ist allerdings, wenn die Vergrösserung nicht sehr stark ist, nicht bedeutend, allein besser ist es nach dem Vorschlage von *Brewster*, nur solche Edelsteine, welche eine einfache Brechung haben, wie Diamant, Granat und Spinell zu verwenden. *Brewster* erklärt den Granat für besser, als den Spinell, und für den besten den nur schwach purpurroth gefärbten von Grönland. Er gibt an, Linsen von diesem Granat zu besitzen, welche mit wunderbarer Präcision kleine Objecte darstellen; ferner gibt er an, eine aus Granat verfertigte, mit einer ringförmigen Furche versehene Kugel von $^1/_{24}$'' Radius zu besitzen, welche ausgezeichnet viel leiste. Auch *Pritchard* lobt den Granat sehr, findet es aber wegen seiner Brüchigkeit sehr schwer, denselben zu dünnen Linsen zu verarbeiten. Ueber die Vorsicht, die bei der Auswahl der zu Linsen bestimmten Edelsteine zu beobachten ist, und über das Technische ihrer Bearbeitung kann bei *Pritchard* (micr. cabinet. 113.) das Nähere nachgelesen werden.

Die Verfertigung von Linsen aus Edelsteinen in England war unstreitig ein bemerkenswerther Fortschritt in der Verfertigung von Mikroskopen, um so mehr, da ihre erste Verfertigung in eine Zeit fiel (*Pritchard* schliff die erste Diamantlinse im Jahre 1824), in welcher das achromatische Mikroskop noch höchst unvollkommen war, und nicht einmal mit den Leistungen einer doppelt convexen Glaslinse concurriren konnte. Es lässt sich daher begreifen, wie die englischen Mikrographen, welche überhaupt für das einfache Mikroskop sehr eingenommen sind, des Lobes über die Edelsteinlinsen voll sind. Wie die Sache jetzt steht, möchte aber doch dieses Lob eine bedeutende Einschränkung zu erleiden haben.

Vor Allem ist in dieser Beziehung zu bemerken, dass die Leistungen dieser Linsen nicht der Art sind, dass sie bei schwie-

rigen Beobachtungen dem achromatischen Mikroskope vorgezogen zu werden verdienen; denn es ist nicht ein einziges Object bekannt, dessen Untersuchung mittelst einer Diamantlinse ein nicht mit den andern Mikroskopen zu erkennendes Detail gezeigt hätte. Dieser Umstand scheint mir entscheidend zu sein. Ich selbst habe leider durch Diamantlinsen bis jetzt nicht beobachten können, allein von den Sapphirlinsen, welche die Engländer den Diamantlinsen nicht um Vieles nachsetzen, fand ich, dass ihre Leistungen, mit denen des zusammengesetzten Mikroskopes verglichen, das grosse Aufheben, das man von ihnen machte, keineswegs rechtfertigen, indem ich das Bild, das sie geben, ganz entschieden dem eines guten achromatischen Mikroskopes nachsetze. *Chevalier* gibt sogar an, dass man mit keiner Edelsteinlinse etwas sehe, was man nicht mit einem guten Dublet auch sehen könne. Diese Umstände lassen es als mehr denn zweifelhaft erscheinen, ob die Verwendung des Diamantes zu einfachen Linsen, ungeachtet aller seiner Vorzüge vor dem Glase, den Aufwand, den eine solche Linse verursacht, werth ist, und erklären es, warum auf dem Continent (in Paris wurden früher von *Oberhäuser* Diamantlinsen geschliffen) keine Edelsteinlinsen mehr verfertigt werden. Unwahrscheinlich ist dagegen nicht, dass die Verwendung des Diamantes zu Dublets bedeutende Vortheile bieten würde. *Pritchard* gibt zwar an, die Wirkung eines Dublets sei verbessert worden, wenn die gegen das Object gewendete Linse eine Edelsteinlinse gewesen sei, dagegen hätte er keinen Vortheil davon gefunden, beide Linsen aus Edelsteinen zu verfertigen; er gibt jedoch selbst an (micr. cabinet. 167.), da unter einem Dutzend von Glasdublets nur etwa zwei vollkommen gut ausfallen, so könne das vielleicht auch bei den aus Edelsteinen verfertigten der Fall gewesen sein, worüber die wenigen bis dahin verfertigten Instrumente dieser Art noch nicht hätten entscheiden können. *Brewster* bemerkt wohl mit Recht, der von *Pritchard* geäusserte Zweifel müsse auf einem Irrthume beruhen; wenn beide Linsen einzeln besser

als Glaslinsen seien, so müsse es auch ihre Combination sein; er selbst besitze ein vortreffliches, aus Granat verfertigtes Dublet. Die Hoffnung, auf diesem Wege das *Wollaston*'sche Dublet zu verbessern, ist also nicht aufzugeben; freilich wird ein aus Diamant verfertigtes Dublet nur wenigen mit äussern Glücksgütern gesegneten Beobachtern zu Gebote stehen können, denn für den Preis, welcher in England für eine einzige starke Diamantlinse gefordert wird, kauft man auf dem Continent ein gutes achromatisches Mikroskop.

Ueber die Fassungen der einfachen Linsen will ich nur wenige Worte beifügen. Die geeignetste Form scheint mir die eines kuglich vertieften, in der Mitte von einer der Grösse der Linse entsprechenden und zugleich als Blendungsöffnung dienenden Oeffnung durchbohrten, mit einem vorstehenden Rande versehenen Schüsselchens (Tab. I. fig. 24. A.) oder eines abgekürzten stumpfwinklichen Conus zu sein, auf deren äusserer und unterer Seite die Linse (a) in eine kleine Vertiefung eingelegt und durch ein möglichst dünnes, durch Schrauben befestigtes Metallplättchen (B) festgehalten wird. Das Auge kommt zwar bei dieser Fassung in eine im Verhältniss der Brennweite starker Linsen beträchtliche Entfernung hinter die Linse zu stehen, wodurch das Gesichtsfeld beschränkt wird, da aber der äussere Theil des Gesichtsfeldes doch in Folge der sphärischen Aberration unbrauchbar ist, so ist hiemit kein wesentlicher Nachtheil verbunden. Am besten ist es auf der äussern Seite der Fassung unter ihrem vorstehenden Rande einen Theil derselben cylindrisch abzudrehen, um mittelst dieses Theiles die Fassung in eine entsprechende Oeffnung des am Stative vorstehenden Armes einzustecken; in diesen Theil eine Schraube einzudrehen und die Fassung aufzuschrauben ist wegen des Zeitverlustes, der mit dem Wechseln der Linsen verbunden ist, unpassend.

Eine ganz analoge Fassung wird den Dublets gegeben; die Gläser werden jedoch hier durch Umbiegen der Fassung unbe-

weglich in dieselbe eingesetzt und gewöhnlich eine Blendung zwischen beiden Gläsern angebracht (Tab. I. fig. 22. 23).

Beabsichtigt man eine grosse Annäherung des Auges an die Linse, so kann man dieselbe zwischen zwei ebene, längliche Messingplättchen fassen (Tab. I. fig. 25. 26), welche durch ein paar Schrauben vereinigt werden, und von welchen das obere in der Nähe der Oeffnung, unter welchen die Linse (a) liegt, schwarz angestrichen wird. Diese Fassungen werden mit ihrem hintern Ende in einen auf der Spitze der Mikroskopsäule befindlichen Falz eingesteckt und ersetzen zugleich den Arm, welcher bei anderer Fassung die Linse trägt.

Das Stativ des einfachen Mikroskopes.

Je stärker eine Linse vergrössert, desto genauer muss sie in der Entfernung, in welcher das Auge des Beobachters ein deutliches Bild vom Objecte erhält, festgehalten werden. Hiezu besitzt bei starken Linsen die Hand nicht mehr die hinreichende Stetigkeit; es tritt daher die Nothwendigkeit ein, alle stärkeren Linsen an einem Stative zu befestigen, welches eine beliebige Annäherung derselben an das Object und Feststellung in der günstigsten Lage gestattet. Zugleich ist am Stative eine Metallplatte (Objecttisch), auf welche der zu untersuchende Gegenstand aufgelegt wird, und ein Beleuchtungsapparat, welcher bei starken Linsen niemals zu entbehren ist, befestigt.

Die mechanische Einrichtung des Stativs kann natürlicherweise auf die mannigfachste Weise abgeändert werden; es scheinen mir jedoch folgende Grundsätze bei seiner Verfertigung festzuhalten zu sein.

Die Höhe des Stativs muss so gering sein, als es die Anbringung des Beleuchtungsapparat erlaubt, da das Präpariren der Objecte desto bequemer vorgenommen werden kann, je weniger

der Objecttisch über den Tisch, auf dem das Instrument steht, in die Höhe gehoben ist. Die Entfernung zwischen dem Objecttische und der Basis des Mikroskops kann nicht wohl unter zwei Zoll betragen, weil es sonst an Raum für den Beleuchtungsapparat fehlt, drei Zoll sind jedenfalls hiefür mehr als genug. Die englischen einfachen Mikroskope sind häufig mit sehr hohen Stativen versehen, was allerdings die Beobachtung erleichtert, indem man sich bei ihrem Gebrauche weniger zu bücken braucht, allein aus dem bereits angegebenen Grunde Nachtheile mit sich führt.

In Beziehung auf die Höhe kommt auch in Betracht, ob das Instrument einen eigenen Fuss hat, oder auf das Kästchen, welches alsdann als Fuss dient, aufgeschraubt wird. Bei letzterer Einrichtung wird an Leichtigkeit des ganzen Instrumentes und Festigkeit der Aufstellung gewonnen, daher ist die Einrichtung, wenn das Kästchen nicht zu hoch ist, ganz gut.

Die Linse soll gegen den Objecttisch und nicht umgekehrt dieser gegen jene beweglich sein, indem die letztere Einrichtung beim Wechseln der Linsen eine für das Präpariren unbequeme Aenderung in der Lage des Objecttisches und eine Aenderung der Beleuchtung mit sich führt. Ein feststehender Objecttisch erlaubt ferner, wenn es nöthig wird, eine Zerquetschung der Objecte vorzunehmen, und ist mit einer geringeren Höhe des Stativs vereinbar, als die entgegengesetzte Construction.

Die Bewegung der Linse gegen das Object muss sanft sein und schnell vorgenommen werden können, sie muss aber auch beim Gebrauche starker Linsen beim letzten Einstellen die kleinsten Veränderungen zulassen. Wenn daher die Vorrichtung zur grossen und schnellen Bewegung nicht genau genug gearbeitet ist, um auch kleine Modificationen der Stellung mittelst derselben vornehmen zu können, so muss noch eine zweite Vorrichtung zur feinen Einstellung angebracht sein.

Der Objecttisch muss hinreichende Grösse und Festigkeit haben, um das Auflegen von Glasplatten von nicht zu geringen

Dimensionen, um die Objecte auf denselben zu präpariren, und das unter einem Druck stattfindende Zerquetschen der Objecte zu gestatten. Ich würde demselben daher nicht unter 2 bis 3 Zoll Breite *) und Länge geben, ihn lieber viereckig als rund machen. Der Objecttisch soll ferner eben sein, alle Vorsprünge, Trommeln etc. um die Objectgläser festzuhalten, sind zu verwerfen; will man Federklammern anbringen, so müssen sie blos zum Einstecken eingerichtet sein, dürfen aber nicht festgeschraubt werden, um schnell entfernt werden zu können.

Der Beleuchtungsapparat soll jeden Grad der Helligkeit vom schwächsten, bis zum höchsten mit gewöhnlichem Tageslichte zu erreichenden, gestatten. Zum Behufe der Beleuchtung wird gewöhnlich ein Concavspiegel verwendet; wenn dieser ohne Blendungen angewendet wird, so gibt er bei schwächern Vergrösserungen ein zu helles Licht. Besser ist daher, einen Planspiegel zu verwenden und über demselben eine verstellbare und auf die Seite zu schiebende Sammellinse anzubringen, um wenn helleres Licht erforderlich ist, das Licht auf dem Objecte concentriren zu können. Ausserdem ist es zweckmässig, an dieser Linse und unter dem Objecttische noch Blendungen anzubringen. Mittelst der letzteren und der seitlichen Bewegung der Beleuchtungslinse kann auch eine schiefe Beleuchtung hervorgebracht und die Beweglichkeit des Linsenarmes, welche sonst keinen wesentlichen Nutzen hat, entbehrt werden.

Eine Vorrichtung zum Auflegen der Hände zum Behufe des Präparirens am Stative selbst, wie dieses von *Pritchard* gesche-

*) Da ein breiter Objecttisch auch nothwendigerweise ein hohes Kästchen bedingt, so kann derselbe, um das Ganze compendioser zu machen, zum Einstecken in einen Falz eingerichtet und seine feste Stellung durch eine Stellschraube gesichert werden. Ich würde diese Einrichtung, obgleich dieselbe die Aufstellung des Instrumentes etwas zeitraubender macht, jedenfalls einem zu kleinen Objecttische vorziehen.

hen ist, welcher an der Säule des Mikroskopes ein starkes Querholz befestigte, anzubringen, scheint mir nicht zweckmässig, indem das Stativ übermässig stark und schwer gemacht werden muss, wenn es nicht unter dem Drucke federn soll. Besser scheint es mir, neben dem Stative Unterlagen für die Hände und Arme aufzustellen. Meine Vorrichtung besteht in zwei Kästchen von 14″ Länge und 5″ Breite, welche auf dem gegen das Mikroskop gewendeten Ende 4″ Höhe haben und gegen das entgegengesetzte Ende bis auf 2″ Höhe schief abfallen.

Es ist wohl nicht unpassend, wenn ich von einigen Stativen Beschreibungen und zum Theile auch Abbildungen gebe und einige Bemerkungen über ihre Zweckmässigkeit beifüge; es kann alsdann ein Jeder nach seinen individuellen Ansichten für die Einrichtung seines Mikroskopes eine Auswahl aus den bei denselben angebrachten Einrichtungen treffen.

Das Stativ von *Plössl* (Tab. II. fig. 1) hat eine dreieckige Säule (a) von 4″ Höhe, in deren hintere Seite die gezähnte Stange des Triebes (c) eingelassen ist. Mit dem Kästchen, auf dessen Deckel ein Ring (b) aufgeschraubt ist, in welchen die Mikroskopsäule eingeschraubt wird, hat das ganze Instrument eine Höhe von 6″. Der Objecttisch (d) wird durch einen Trieb (c) gegen die feststehende Linse bewegt; er selbst (Tab. II. fig. 2. d) ist viereckig, 15‴ breit und hat eine Oeffnung von 9‴ Durchmesser. Auf seiner oberen Seite befindet sich eine hufeisenförmige Federklammer (fig. 1. e. fig. 2. e), welche durch eine Spiralfeder (fig. 1. f) abwärts gezogen wird. Der Arm, welcher die Linsen trägt (fig. 1. g. fig. 3.), ist in horizontaler Richtung um seinen Befestigungspunkt auf der Spitze der Säule drehbar, sein zur Aufnahme der Linsen bestimmter ringförmiger Theil ist vorn durchschnitten, um etwas zu federn. Der Beleuchtungsapparat besteht in einem Concavspiegel von 1″ Durchmesser.

Zu loben ist die grosse Einfachheit; dagegen finde ich tadelnswerth a) die Bewegung des Objecttisches statt der Linse, b) die geringe Grösse

des Objecttisches, c) den Mangel an jeder Vorrichtung, die Beleuchtung zu modificiren. Ueberflüssig finde ich die Federklammer und die horizontale Drehung des Linsenarmes. Der Mangel einer Mikrometerschraube zur feinen Einstellung kann bei der vortrefflichen Ausführung des Triebwerkes, wie es *Plössl* liefert, entbehrt werden.

Stativ von *Körner* in Jena *). Dem vorhergehenden sehr ähnlich. Säule (Tab. II. fig. 4. a) viereckig, 3″ lang, die hintere Seite unmittelbar zur gezähnten Stange eingesägt. Der Objecttisch (fig. 4. d. fig. 5. d) viereckig, 16‴ breit, durch eine Stellschraube (fig. 4. c) nach dem Einstellen an der Säule festzuschrauben. Linsenarm (h) horizontal drehbar. Beleuchtung mittelst eines, 1″ breiten Concavspiegels und eines auf der hintern Seite desselben angebrachten Planspiegels. Unter dem Objecttische eine drehbare Blendung (fig. 4. e) mit zwei Oeffnungen von 1‴ und 2‴ Weite. Auf dem Objecttische zwei aufgeschraubte Federklammern (fig. 4. f. g. fig. 5. f. g), von welchen die eine (f) durch eine Schraube angespannt werden kann. Das ganze Instrument mit dem Kasten $5^3/_4$″ hoch.

Die ganze Einrichtung ist nicht unzweckmässig. Zu tadeln ist die Bewegung des Objecttisches anstatt der Linse, und die Anbringung der Federklammern, welche den Raum auf dem Objecttische sehr beschränken und die Anwendung von Gläsern von bestimmter Form und Dicke oder ein langweiliges Abschrauben der Klammern nöthig machen. Die Beleuchtung ist besser, als bei *Plössl*, gewährt aber nicht hinreichende Modificationen des Lichtes. Die Höhe des Kästchens ($3^1/_2$″) ist grösser, als nöthig.

Das Taschenmikroskop von *Pritchard* (micr. cabinet. 243.) ist das compendioseste, einfache Mikroskop, welches mir vorgekommen ist, indem seine ganze Höhe nur $2^1/_4$ engl. Zoll beträgt. Der Fuss (Tab. II. fig. 7. b) besteht aus einer viereckigen Metallplatte, die Säule (a) ist cylindrisch und trägt den feststehenden Objecttisch (e); in ihr ist durch einen Trieb (c) eine

*) Ich führe dieses Mikroskop hier an, weil *Schleiden* dasselbe sehr empfohlen hat. Ich muss gestehen, dass ich die stärkeren Dublets desselben sehr mittelmässig finde.

dreieckige Stange (d), welche den Linsenarm (f) trägt, verschiebbar *).

Der Objecttisch ist zu klein, die Beleuchtung mangelhaft, indem sie keine Modifikationen zulässt. Das ganze Instrument steht nicht sehr fest; es wäre besser gewesen, dasselbe auf das Kästchen festzuschrauben. Die Bewegung des Linsenarmes, anstatt des Objecttisches, gibt diesem Stative einen Vorzug vor den obigen.

Das Stativ von *Chevalier* (Charles Chevalier, des microscopes T. III. fig. 2) hat einen durch einen Trieb beweglichen Linsenarm, einen feststehenden Objecttisch, einen an der Säule mittelst einer Hülse auf- und abwärts zu schiebenden Concavspiegel und eine scheibenförmige, mit Oeffnungen von verschiedener Grösse versehene Blendung, ungefähr von der Einrichtung, wie sie auf Tab. II. fig. 13. 14. dargestellt ist.

Der Vorzug dieses Stativs vor den vorhergehenden beruht auf der Möglichkeit, das Licht durch Verschiebung des Spiegels und die scheibenförmige Blendung modificiren zu können. Der hier angebrachte Beleuchtungsapparat ist zwar, wie im Capitel von der Beleuchtung näher auseinandergesetzt werden wird, nicht der beste, er gehört aber auch nicht zu den schlechteren.

Le Baillif's anatomisches Mikroskop (*Chevalier* l. c. Tab. III. fig. 3). Der grosse Objecttisch wird von zwei Säulen getragen; auf demselben befindet sich eine (entfernbare) Trommel, in welche die Glasplatten, auf denen präparirt wird, eingelegt werden. Der durch einen Trieb einzustellende Linsenarm ist um seine Achse drehbar und durch einen Trieb vor- und rückwärts zu bewegen und hat überdiess noch in seiner Mitte ein Charniergelenk.

Die Stabilität, welche der Objecttisch, auf welchen die Hände beim Präpariren aufgestützt werden sollen, durch seine doppelte Säule erhält, ist unzweifelhaft zweckmässig und wenn derselbe eine sehr bedeutende Grösse besitzt, auch beinahe nothwendig. Im Allgemeinen ziehe

*) Es ist wohl nicht überflüssig, zu bemerken, dass in meiner Zeichnung, welche das Instrument ungefähr in der Hälfte seiner wahren Grösse darstellt, die Dimensionen nicht ganz genau angegeben sind, da sie nach einer perspectivischen Zeichnung *Pritchard's* und nicht nach einem wirklichen Instrumente ausgeführt ist.

ich jedoch, wie schon bemerkt, das Auflegen der Hände auf eine mit dem Mikroskope nicht in Verbindung stehende Unterlage vor. Die auf dem Objecttische angebrachte Trommel finde ich ganz unzweckmässig, sie hindert die Verschiebung der Glasplatte, auf welche das Object aufgelegt ist, unter der Linse und nöthigt dazu, den Linsenarm in jeder Richtung beweglich zu machen. Dieses macht nicht blos das Instrument complicirter, sondern benimmt auch, wenn die mechanische Arbeit nicht sehr gut ist, der Linse die nothwendige feste Stellung, überdiess ist es nicht einmahl bequemer, die Linse über dem Objecte, als dieses unter der Linse zu bewegen.

Bei den im Bisherigen aufgeführten Stativen fehlt die feine Einstellung mittelst einer Mikrometerschraube. Es ist dieselbe auch in der That, wenn das Triebwerk mit Sorgfalt gearbeitet ist, nicht nothwendig. Da dagegen die Mechaniker nicht immer diesem Theile die nothwendige Sorgfalt widmen und da bei vielfachem Gebrauche der Trieb auch der Ausnützung ausgesetzt ist, namentlich wenn die gezähnte Stange nicht aus Stahl verfertigt ist, so ist eine zur feinen Einstellung dienende Mikrometerschraube eine bequeme Zugabe. Verzichtet man auf die Unbeweglichkeit des Objecttisches, so ist die Anbringung der Mikrometerschraube gar keinen Schwierigkeiten unterworfen, indem man die grobe Bewegung dem Objecttische und die feine dem Linsenarm geben kann, oder umgekehrt.

Will man dagegen den Objecttisch in unveränderlicher Lage feststellen und neben der Bewegung durch einen Trieb dem Linsenarme auch noch eine feine Bewegung ertheilen, so führt dieses eine bedeutend grössere Complication des Mechanismus herbei. Die folgenden Stative besitzen diese Einrichtung.

Pritchard (Tab. II. fig. 8. fig. 15.) brachte auf dem obern Ende der auf einem dreieckigen Fusse stehenden Säule (b) ein Charniergelenk an, welches den ganzen übrigen Apparat trägt. Dieser besteht zunächst aus einer hohlen cylindrischen Säule (c), die sich nach unten in einem feststehenden ringförmigen Vorsprung (g) endigt und oben eine dreieckige Hülse (r) trägt, an welcher der Objecttisch (l) befestigt ist, und in welcher sich eine dreieckige Stange (i) verschieben lässt, an welcher der

Linsenarm, horizontal drehbar, befestigt ist. Diese dreieckige Stange trägt an ihrem untern Ende eine weibliche Schraube, in welche eine Mikrometerschraube eingreift, deren Kopf (k) unten an der Säule vorsteht. Ueber diese Mikrometerschraube ist eine hohle Röhre (h) geschoben, welche in der Höhlung der Säule c verschoben werden kann, und welche sich unten auf den Kopf der Mikrometerschraube stützt, und von oben her durch eine zwischen ihr und der Mutter der Mikrometerschraube befindliche Spiralfeder auf diesen Schraubenkopf aufgedrückt wird (vergl. fig. 15). Es ist deutlich, dass durch einen von unten her auf den Kopf der Mikrometerschraube ausgeübten Druck die Mikrometerschraube, die Röhre h und die dreieckige Stange i, und mit dieser die Linse in die Höhe gehoben und vom Objecte entfernt werden und dass sie umgekehrt durch einen auf das obere Ende der Stange i ausgeübten Druck wieder hinuntergeschoben werden. Hierin besteht die grobe Bewegung. Dreht man die Mikrometerschraube durch Umdrehung des Kopfes k, so wird, da sie einen Stützpunkt auf der Röhre h findet, die Stange i abwärts gezogen; dreht man die Schraube zurück, so wird die Stange i durch die Spiralfeder wieder aufwärts gedrückt.

Die beschriebene Einrichtung ist nichts weniger, als tadellos. Erstens ist die Art, wie die Linsen durch Ab- und Aufwärtsschieben der Stange i bewegt werden, gar nicht zu loben, indem diese Operation grosse Vorsicht nöthig macht, um beim Abwärtsschieben die Linsen nicht auf das Object aufzudrücken. Zweitens ist die Anbringung der Mikrometerschraube nicht die beste. Diese Schraube hat ihren Stützpunkt an der Röhre h; wenn nun diese Röhre sich leichter in der Röhre c verschiebt, als die Stange i in ihrer Hülse, so kann man drehen, so lange man will, die Linse wird unverrückt stehen bleiben. Eine solche schwierigere Verschiebung der Stange i kann aber gar leicht eintreten, wenn das Metall, aus der sie verfertigt ist, anläuft, oder dieselbe schmutzig wird u. dgl. Alle Mikrometerschrauben, die nicht einen ganz festen Stützpunkt haben, wirken unsicher; ich sah schon bei analogen Einrichtungen, dass geringe Temperaturdifferenzen Einklemmungen der sich verschiebenden Röhren veranlassten, so dass die Schraube, bis das Instrument die Zimmertemperatur angenommen hatte, ganz unwirksam wurde.

Eine weit vollkommenere, aber auch ziemlich complicirte Einrichtung gab *Ross* seinem Mikroskopstative (Tab. II. fig. 16). Dasselbe besteht aus einer starken, runden Säule (b), welche auf einem dreieckigen Fusse (a a a) ruht, zwischen dessen Armen der sehr grosse, scheibenförmige Kopf (o) einer in der Säule verborgenen Mikrometerschraube (i) hervorragt. Durch diese Schraube wird eine dreieckige, mit abgestumpften Kanten versehene Röhre (f), welche ihre Leitung durch eine dreieckige Oeffnung in dem Kopfe (e) der Säule und durch eine im Innern derselben angebrachte Hülse (g) erhält, auf- und abwärts geschoben. An dieser Röhre, von einem an die Säule angeschraubten Deckel bedeckt, befindet sich ein Trieb (t), dessen Kopf durch eine Spalte (v) der Säule vorsteht, und durch welchen eine dreieckige Stange (s) in der Röhre auf- und abwärts bewegt wird. Die letztere trägt den horizontal drehbaren und durch einen Trieb vor- und rückwärts beweglichen Linsenarm (fig. 11. 12). Da die dreieckige Röhre f durch die Mikrometerschraube um $1^1/_2$ Zoll, und die dreieckige Säule s durch den Trieb ebenfalls um $1^1/_2$ Zoll verschoben werden kann, so beträgt die Bewegung des Linsenarmes im Ganzen 3 Zoll. Die Mikrometerschraube hat 50 Umgänge auf 1 Zoll, und ihr Kopf ist in 100 Theile getheilt; dieses gewährt das (freilich nicht genaue) Mittel, die Dicke eines Körpers, auf dessen obere und dann auf dessen untere Seite die Linse eingestellt wird, zu messen. Der Objecttisch ist in horizontaler Richtung durch Schrauben beweglich und, um unter dem Drucke der Hände nicht nachzugeben, durch ein paar starke Streben auf die Säule gestützt. Auf seiner obern Seite befindet sich eine Trommel mit einer Federklammer, auf seiner untern eine Röhre, die eine verstellbare Beleuchtungslinse enthält (den *Goring*'schen Beleuchtungsapparat, welcher auch bei dem vorhin beschriebenen Mikroskope von *Pritchard* angebracht ist).

Dieses Mikroskopstativ muss als ein seinem Zwecke in jeder Beziehung entsprechendes bezeichnet werden. Ich für meinen Theil würde an demselben nur die horizontale Bewegung des Linsenarmes als unnö-

thig und die auf dem Objecttische befindliche Trommel als schädlich weglassen, den Beleuchtungsapparat auf die sogleich anzugebende Weise construiren, und statt des beweglichen einen einfachen, mit einer scheibenförmigen Blendung versehenen Objecttisch anbringen, um das Stativ weniger complicirt zu machen.

Wenn man mich fragte, welche Einrichtung ich dem Stative eines einfachen Mikroskopes geben würde, so würde ich die Säule desselben auf das Kästchen als Fuss aufschrauben, der starken und cylindrischen Säule eine Höhe von etwa 3 Zoll geben, den Linsenarm nach Art des *Pritchard*'schen Stativs (Tab. II. fig. 7.) an einer in die Säule versenkten, gezähnten und durch einen Trieb beweglichen Stange befestigen, dem viereckigen, aus einer dicken Messingplatte verfertigten Objecttische eine Breite von 2 Zoll ertheilen, der Oeffnung desselben nicht über 6‴ Durchmesser geben und eine feine Einstellung auf die Weise anbringen, dass ich auf die obere Seite des Objecttisches an seinem hintern Ende eine 1‴ dicke Messingplatte aufschrauben würde, welche von unten mittelst einer durch den Objecttisch laufenden Mikrometerschraube etwas gehoben werden könnte (vergl. Tab. II. fig. 17, 18 und die Beschreibung dieser Figuren). Zur Beleuchtung würde ich einen Planspiegel verwenden, über welchem längs einem am Objecttische angeschraubten Stäbchen eine mit einer verschiebbaren Blendung versehene Sammellinse auf- und abgeschoben werden könnte (vergl. die Abbildung dieser Vorrichtung auf Tab. IV. fig. 5 und fig. 17). Endlich würde ich unter dem Objecttische eine scheibenförmige, mit einer Anzahl von Oeffnungen versehene Blendung anbringen, welche an einem Schieber befestigt wäre und auf diese Weise leicht eingesetzt und wieder weggenommen werden könnte (Tab. II. fig. 17. 18). Auf diese Weise wäre, wie ich glaube, für jeden Grad der Beleuchtung, für die nothwendigen Bewegungen und für Solidität des Ganzen auf die einfachste Weise gesorgt.

Das zusammengesetzte Mikroskop.

Mit dem Ausdrucke des zusammengesetzten Mikroskopes bezeichnet man diejenigen optischen Apparate, bei welchen der gegen ein nahe liegendes Object gewendete Theil (das Objectiv) ein vergrössertes Bild des letzteren entwirft, welches von dem Auge durch eine vergrössernde Linse (das Ocular) betrachtet wird. Von dem Fernrohre unterscheidet sich das zusammengesetzte Mikroskop dadurch, dass bei dem ersteren das Object von dem Objective weiter entfernt ist, als das von dem letzteren entworfene Bild, während umgekehrt beim Mikroskope die Entfernung des Bildes vom Objective grösser, als die Entfernung des Objectes vom Objective ist. Aus diesem Umstande geht auch hervor, dass beim Mikroskope das vom Objective entworfene Bild grösser als das Object ist, und zwar desto mehr, je weiter entfernt vom Objective es liegt.

Die Vorzüge, welche das zusammengesetzte Mikroskop vor dem einfachen besitzt, bestehen vorzugsweise in folgenden Umständen:

1) Besitzt das zusammengesetzte Mikroskop ein grösseres Gesichtsfeld und lässt daher mit geringerer Mühe die Form eines Körpers und das Verhältniss seiner einzelnen Theile erkennen.

2) Strengt es bei den stärkeren Vergrösserungen das Auge weit weniger an, weil aus dem Oculare ein Strahlenbündel hervorgeht, welcher wenigstens die Breite der Pupille

besitzt, während die starken Linsen der einfachen Mikroskope nur einen sehr schmalen Lichtbüschel zum Auge gelangen lassen.

3) Ist die Benützung des zusammengesetzten Mikroskopes bequemer, indem der Abstand seiner Objective vom Objecte in den meisten Fällen grösser ist, als der Abstand der einfachen Mikroskoplinsen.

Diese Vorzüge des zusammengesetzten Mikroskopes sind so bedeutend, dass dasselbe, schon ehe es seine jetzige Vollkommenheit durch Ausrüstung mit achromatischen Objectiven erreichte, von den meisten Beobachtern, welche viele mikroskopische Beobachtungen zu machen hatten, dem einfachen Mikroskope vorgezogen wurde, ungeachtet die mit nicht achromatischen Objectiven versehenen Instrumente der früheren Zeit in Hinsicht auf Klarheit und Schärfe des Bildes dem einfachen Mikroskope nachstanden. Allein auch dieses letztere Verhältniss hat sich zu Gunsten des zusammengesetzten Mikroskopes in das entgegengesetzte umgeändert, indem dieses nun auch in Hinsicht auf Schärfe und Farblosigkeit des Bildes den Sieg davon getragen hat, so dass es nun unbedingt den ersten Rang unter den Mikroskopen einnimmt.

Die zusammengesetzten Mikroskope zerfallen in zwei Classen, je nachdem das Objectiv aus einer oder mehreren convexen Linsen besteht, welche das Bild durch Refraction entwerfen (dioptrische zusammengesetzte Mikroskope), oder je nachdem als Objectiv ein durch Reflexion wirkender Spiegel verwendet wird, dessen Bild, wie bei dem dioptrischen Mikroskope, durch ein Ocular betrachtet wird (katadioptrisches Mikroskop). Das erstere ist das beinahe ausschliesslich angewendete, so dass, wenn kein besonderer Zusatz gemacht wird, unter dem Ausdrucke des zusammengesetzten Mikroskopes immer das dioptrische verstanden wird; auch wird im Folgenden nur von diesem

die Rede sein, indem dem katadioptrischen Mikroskope ein besonderes Capitel gewidmet ist.

Für den Ausdruck des zusammengesetzten Mikroskopes und zur Unterscheidung desselben vom einfachen Mikroskope, für welches er den Ausdruck Mikroskop beibehielt, gebrauchte Dr. *Goring* den Ausdruck Engiskop (eigentlich Engyskop), von *ἐγγύς*, nahe und *σκοπέω*, ich sehe, worin ihm beinahe Niemand folgte.

---

1. Der optische Theil des zusammengesetzten Mikroskopes.

Bei Besprechung des optischen, in der Röhre des Mikroskopes enthaltenen Theiles desselben haben wir zunächst das Objectiv zu betrachten.

Das Objectiv des zusammengesetzten Mikroskopes besteht aus einer oder aus mehreren in kurzer Entfernung hintereinander stehenden convexen Linsen von kurzer Brennweite, von welchen ein verkehrtes und vergrössertes Bild des Objectes in der Mikroskopröhre entworfen wird.

So lange einfache, doppelt convexe oder planconvexe Linsen als Objective beim zusammengesetzten Mikroskope verwendet wurden, war dieses Instrument höchst unvollkommen, indem es in Hinsicht auf Schärfe und Reinheit des Bildes und bei nur etwas gesteigerter Vergrösserung auch in Hinsicht auf Lichtstärke solche Mängel zeigte, dass dasselbe gegen das einfache Mikroskop sehr weit zurückstand, selbst wenn das letztere in seiner schlechtesten Form, als doppelt convexe Linse, angewendet wurde. Wenn dasselbe auch für wissenschaftliche Untersuchungen nicht unbrauchbar war (ich selbst machte z. B. meine Untersuchungen über die Poren des Pflanzenzellgewebes mit einem solchen), so war doch seine Benützung für das Auge äusserst anstrengend, und man erreichte sehr bald bei Steigerung der Vergrösserung

eine nicht weiter mit Vortheil zu übersteigende Grenze, so dass bei den meisten dieser Instrumente schon Vergrösserungen von 200—300 mahl im Durchmesser völlig unbrauchbar waren.

Die Bahn zur Verbesserung wurde von *Fraunhofer* und *Amici* gebrochen, welche etwa um das Jahr 1815 die ersten achromatischen Mikroskopobjective verfertigt zu haben scheinen, denen in England erst im Jahre 1824 *Tulley* folgte. Bei diesen Mikroskopen wurde, wie bei einem Fernrohre, eine einzige achromatische Linse als Objectiv verwendet. Die Leistungen dieser Instrumente sind mir aus eigener Ansicht nur von den *Fraunhofer*'schen bekannt; dieselben waren nicht sehr bedeutend. Diese Mikroskope zeichnen sich zwar allerdings vor den nicht achromatischen durch die Reinheit und Lichtstärke ihres Bildes aus, allein sie waren mit sehr schwachen Objectiven versehen, so dass stärkere Vergrösserungen durch starke Oculare erzwungen werden mussten, was immer beim Mikroskope mit einem sehr ungünstigen Erfolge geschieht. Zu schwierigen Untersuchungen, welche starke Vergrösserungen erfordern, waren daher diese Instrumente nicht zu gebrauchen, man war sogar bei Objecten, welche mit den neueren Instrumenten schon mit einer nicht einmahl hundertfachen Vergrösserung zu erkennen sind, im Stiche gelassen. So sah z. B. *Jacquin* mit keinem *Fraunhofer*'schen Mikroskope die Längenstreifen auf den Schuppen der Kleidermotte, und *Fraunhofer* selbst konnte nur mit Mühe auf den von ihm verfertigten Gittern die Diamantstriche sehen, welche $^1/_{714}'''$ von einander abstanden.

Fraunhofer, welchem kein mit dem Mikroskope vertrauter Forscher, der ihn auf die Bedürfnisse des mit dem Mikroskope arbeitenden Naturhistorikers hätte aufmerksam machen können, zur Seite gestanden zu haben scheint, soll mit den Leistungen seiner Mikroskope zufrieden gewesen sein; anders war es mit *Amici*, welcher nicht nur praktischer Optiker, sondern auch mikroskopischer Beobachter ist, und welchem desshalb die Unzu-

länglichkeit der einzelnen Objective nicht verborgen bleiben konnte. Er verliess daher auch, in der Hoffnung, durch das Spiegelmikroskop grössere Leistungen erhalten zu können, wieder die Verfertigung von achromatischen Objectiven, um erst später wieder zu ihnen zurückzukehren.

Die Bahn zur Vervollkommnung des zusammengesetzten Mikroskopes war jedoch durch die Verfertigung von achromatischen, an sich tadellosen Objectiven durch *Fraunhofer* gebrochen, und es erforderte nur noch einen kleinen Schritt, die Combination der Objective zu zusammengesetzten Systemen, um die Leistungen des Mikroskopes über alle Erwartung zu steigern. Diesen Schritt machte *Selligue* im Jahre 1824. Er versah nämlich sein Mikroskop mit vier achromatischen Objectiven von 18‴ Focus, welche sowohl einzeln, als auch übereinandergeschraubt benützt werden konnten, und brachte damit ein Instrument zu Stande, welches nach dem Berichte von *Fresnel* (annal. d. sc. natur. III. 345.) alle damahls bekannten dioptrischen Mikroskope weit übertraf, ungeachtet seine Ausführung vieles zu wünschen liess. Es waren nämlich die Objective mit ihrer convexen Seite nach unten gewendet, bei welcher Stellung die sphärische Aberration höchst bedeutend ist, wesshalb auch sehr enge Blendungen angewendet werden mussten, welche ihrerseits wieder einen grossen Lichtmangel nach sich zogen.

Der Gedanke, die Objective aus mehreren übereinandergeschraubten zusammenzusetzen, wurde schnell von allen Optikern ergriffen, und in wenigen Jahren wurden in Frankreich von *Chevalier* und *Oberhäuser*, in Italien von *Amici*, in Deutschland von *Merz*, *Plössl*, *Schiek* Instrumente verfertigt, welche das zusammengesetzte Mikroskop auf eine Stufe der Vollendung hoben, die es nun dem achromatischen Fernrohre an die Seite stellen lässt.

Von den meisten Optikern wurde der von *Selligue* eingeschlagene Weg, die Objective so einzurichten, dass sie sowohl einzeln, als mit andern combinirt gebraucht werden können, ver-

lassen und aus zwei bis vier (gewöhnlich aus drei) Objectiven zusammengesetzte Systeme auf die Weise gebildet, dass achromatische Linsen, deren Aberrationen oft höchst bedeutend sind, welche also nicht für sich als Objective verwendet werden können, deren Aberrationen sich aber gegenseitig aufheben, zu einem untrennbaren Ganzen vereinigt werden. Hiebei werden beinahe niemals Linsen von gleicher Focaldistanz vereinigt, sondern Linsen von zunehmender Stärke in der Art zusammengeschraubt, dass die stärkste gegen das Object gewendet wird.

Die Vortheile, welche diese Zusammensetzung der Objective aus mehreren Linsen gewährt, sind mannigfach. Einmahl ist durch dieselbe das Mittel gegeben, Objective von einer kurzen Brennweite auf eine weit leichtere Weise herzustellen, als dieses durch eine einzelne achromatische Linse möglich gewesen wäre, indem die Schwierigkeit der Verfertigung achromatischer Linsen mit abnehmender Brennweite derselben ausserordentlich zunimmt. In Folge dieser stärker vergrössernden Kraft der Objective wird es möglich, bei Anwendung von schwachen Ocularen durch blosen Gebrauch von immer stärkeren Objectiven die Vergrösserung auf 300 bis 500 Durchmesser zu steigern, während man früher beim Gebrauche von schwachen Objectiven genöthigt war, die Vergrösserung durch Anwendung von starken Ocularen hervorzubringen, was immer ein schlechtes Resultat gibt.

Der weit bedeutendere Vortheil dagegen, welchen man durch die Combination mehrerer Objective erreichte, besteht in einer sehr bedeutenden Vermehrung der Lichtstärke und Schärfe des Bildes, so dass nun in Beziehung auf die Erkennung des Details der Objecte schwächere Vergrösserungen weit mehr leisten, als weit stärkere Vergrösserungen der früheren Mikroskope. Der Grund dieser Vorzüge der Linsensysteme vor den einzelnen achromatischen Objectiven liegt darin, dass es möglich ist, bei vollständigerer Correction der sphärischen und achromatischen Aberration mit den ersteren einen weit breiteren Licht-

büschel vom Objecte aufzufangen. Einem einfachen Objective kann man, da die sphärische Aberration in sehr schnellem Verhältnisse mit der Vergrösserung der Oeffnung zunimmt, nur eine sehr mässige Oeffnung geben, wenn nicht grosse Undeutlichkeit des Bildes eintreten soll; hiezu kommt noch, dass das Objectiv um seine ganze Brennweite vom Objecte absteht. Ist dagegen die Vergrösserung, welche jenes Objectiv gibt, auf mehrere hintereinander liegende schwächere Gläser vertheilt, so kann nicht blos diesen eine weit grössere Oeffnung gegeben und eben damit ein weit breiterer Lichtbüschel aufgefangen werden, sondern es wird auch das untere Glas dem Objecte bedeutend genähert und damit der Oeffnungswinkel desselben vergrössert. Zu der hierin begründeten Lichtstärke kommt aber ferner noch eine weit vollkommenere Correction der Abweichungen, als bei einzelnen Objectiven zu erreichen ist, indem bei den letzteren, wie bei einem Fernrohrobjective, die Wirkung allein von der Vollendung der Form der beiden das Objectiv zusammensetzenden Linsen abhängt, und die Schwierigkeit, den kleinen Objectiven die richtige Form zu geben, beinahe unübersteiglich ist, während bei den Objectivsystemen die Correction nicht blos durch die Form der mit einander verbundenen Linsen, sondern auch auf eine sehr genaue Weise durch die hinter dem vorderen Objective angebrachte zweite und dritte Linse und durch Aenderung ihrer gegenseitigen Entfernung bewirkt werden kann. In Folge dieser vollständigeren Correction wurde es möglich, den Linsen und namentlich der vordersten derselben einen sehr grossen Oeffnungswinkel zu geben, und mit derselben einen sehr breiten Lichtbüschel aufzufangen. Damit wurde die Lichtstärke und namentlich die penetrirende Kraft des Instrumentes in hohem Grade gesteigert. Wegen der vollständigeren Correction sowohl der sphärischen als chromatischen Aberration nannte man diese Objectivsysteme aplanatisch, frei von Abweichung, was sie freilich, strenge genommen, nicht sind.

Einen ferneren, sehr bedeutenden Schritt in der Verfertigung der Objective verdankt man *Amici*, indem er im Jahre 1829 bemerkte, dass das mikroskopische Bild durch Bedeckung des Objectes mit einem Planglase in Hinsicht auf seine Deutlichkeit bedeutend verändert wird, und durch diese Beobachtung darauf geführt wurde, Aenderungen in der Construction der Objective anzubringen, durch welche man in den Stand gesetzt ist, Objecte, welche unter einer Glasplatte von bestimmter Dicke liegen, ebenso scharf zu sehen, als ob sie unbedeckt wären (vergl. die über den Gebrauch der Deckgläser und die Prüfung des Mikroskops handelnden Capitel). Während alle anderen Optiker, welche von diesem Verhältnisse keine Ahnung hatten, oder wenigstens dem durch die Deckgläser verursachten Uebelstande nicht abzuhelfen wussten, darauf ausgehen, Objective zu verfertigen, welche von frei liegenden Objecten ein scharfes Bild entwerfen, gibt *Amici* nur einem Theile seiner Objective diese Einrichtung und verfertigt andere, welche nur dann ein scharfes Bild geben, wenn das Object von einer Glasplatte von bestimmter Dicke bedeckt ist, oder er bringt eine Hülfslinse hinter dem für ein unbedecktes Object passenden Objective an, welche demselben die Eigenschaft ertheilt, nun blos durch ein Deckglas ein scharfes Bild zu geben. Die übrigen Optiker haben bis jetzt ihren Mikroskopen diese Einrichtung noch nicht gegeben, sie müssen aber, wenn sie nicht zurückbleiben wollen, dieselbe nachahmen.

Wenn gleich die Construction der Objectivsysteme, wie sie in den neueren Zeiten von verschiedenen Optikern verfertigt werden, im Ganzen genommen, auf demselben Principe beruht, so schlagen doch nicht alle Optiker denselben Weg ein, um zu dem gleichen Ziele zu gelangen.

Schon oben habe ich berührt, dass *Selligue* Objective angewendet habe, welche einzeln und zu mehreren zusammengeschraubt angewendet werden konnten. Das gleiche ist bei den seit dem Jahre 1828 aus dem *Fraunhofer*'schen Institute hervor-

gegangenen Mikroskopen der Fall. Dieses Verfahren scheint mir entschieden fehlerhaft zu sein und zwar aus dem Grunde, weil zwei oder drei Objective, welche einzeln ein von Abweichungen möglichst freies Bild geben, wenn sie hintereinander geschraubt werden, nur bei einer bestimmten gegenseitigen Stellung ein fehlerfreies Bild geben, dagegen bei grösserer oder geringerer Entfernung von einander nicht unbedeutende Aberrationen zeigen. *Lister* (philos. transact. 1830. 187) machte auf eine in dieser Beziehung sehr wichtige Eigenschaft der Mikroskopobjective aufmerksam. Er fand, dass vor der Planseite derselben ungefähr in der Entfernung des Hauptbrennpunktes ein Focus liegt, welcher ein von sphärischer Abweichung freies Bild gibt, dass wenn man den Focus dem Glase näher rückt, das Bild übercorrigirt ist bis man zu einem zweiten aplanatischen Focus gelangt und dass ausserhalb und innerhalb dieser beiden Focus Untercorrection stattfindet. Aus diesen Umständen zieht nun *Lister* den Schluss, dass wenn zwei in Hinsicht auf ihre Aberrationen corrigirte Linsen zu einem Systeme vereinigt werden, welches keine Aberration zeigen soll, die vom Objecte kommenden Lichtstrahlen mit dem kurzen aplanatischen Focus der ersten Linse aufgefangen und zum zweiten Objective in der Richtung der Strahlen des langen aplanatischen Focus der zweiten Linse geschickt werden müssen. Würde das zweite Glas dem ersteren mehr genähert, so würde der gemeinschaftliche Focus beider Gläser über den aplanatischen kurzen Focus des ersten Objectives hinausfallen und das Bild würde übercorrigirt, bei grösserer Entfernung der Linsen dagegen untercorrigirt. Auf diese Weise hat man durch blose Aenderung in der Stellung der Gläser ein wirksames Mittel, die Aberrationen auf ein Minimum herabzubringen. Wenn drei Objective verbunden werden, hält es *Lister* für zweckmässig, mit dem ersten einen untercorrigirten Lichtbüschel aufzufangen und diesen mit dem zweiten überzucorrigiren.

Wenden wir diese Erfahrungen von *Lister* auf die Methode,

einzeln für sich brauchbare Objective zu Systemen zu verbinden an, so muss diese als unpassend erscheinen, insoferne es reiner Zufall sein muss, wenn die einzelnen Objective beim Hintereinanderschrauben in die gegenseitige Stellung kommen, in welcher sie die beste Wirkung haben. Die Erfahrung bestätigt dieses auch vollkommen. *Lister* gibt z. B. an, er hätte einen Einsatz von 6 Objectiven aus dem *Fraunhofer*'schen Institute untersucht und gefunden, dass unter den vielen möglichen Combinationen dieser Objective nur zwei ein gutes Bild gegeben hätten, während alle andern Combinationen sehr starke Aberrationen zeigten, meistens über- zum Theile untercorrigirt gewesen seien. Ich selbst habe Jahrelang mit einem aus vier Objectiven bestehenden Linseneinsatze des *Fraunhofer*'schen Institutes meine mikroskopischen Beobachtungen gemacht, bei welchem nur eine einzige Combination aus drei Objectiven (bei der die schwächste Linse ausser der gewöhnlichen Ordnung in die Mitte zwischen die stärkeren gebracht werden muss) ein tadelloses Bild gibt. Diese Art, die Objectivsysteme aus Objectiven, die einzeln für sich brauchbar sind, zu construiren, gibt daher zu Gunsten des Gebrauches der einzelnen Objective, welcher an und für sich doch nichts taugt, den grossen Vortheil fehlerfreie Systeme zu construiren auf, oder überlässt die Bildung derselben vielmehr dem Zufalle.

Unter diesen Umständen ist unstreitig der von den meisten Optikern z. B. *Amici*, *Plössl*, *Schiek*, *Oberhäuser* u. s. w. eingeschlagene Weg, Linsensysteme zu construiren, deren einzelne Objective für sich allein nicht nothwendigerweise brauchbar sind, vorzuziehen, indem bei der Zusammensetzung dieser Systeme der weiteste Spielraum in der Wahl von verschieden geformten Objectiven, die in Beziehung auf Aberration auf entgegengesetzte Weise wirken, gelassen und hiebei weit leichter eine Correction der Gesammtwirkung erreichbar ist.

Die Optiker, welche dieses Verfahren befolgen, haben zwei

Wege bei der Ausführung eingeschlagen, welche zwar zu demselben Resultate führen, allein für den Gebrauch des Mikroskopes nicht die gleiche Bequemlichkeit gewähren. *Plössl* und *Schiek* geben ihren Mikroskopen nur wenige (6 — 7) Objective bei, welche in der Reihenfolge, wie sie in der Stärke aufeinander folgen und mit den Zahlen 1, 2, 3... bezeichnet sind, in den folgenden Combinationen gebraucht werden können, 1, 1 + 2, 1 + 2 + 3, 2 + 3 + 4, 3 + 4 + 5, 4 + 5 + 6. Es folgt also hieraus, dass man beim Wechseln der Objective und der Wahl der nächst stärkeren Combination meistens die hinterste Linse abschrauben und vorn eine neue aufschrauben muss. Da dieses immer mit einem gewissen Zeitaufwande verbunden ist, so ist die Einrichtung, welche *Amici*, *Oberhäuser* u. A. ihren Objectivsystemen geben, nämlich die Zusammensetzung eines jeden desselben aus mehreren zusammengehörenden Linsen, von denen keine bei einem andern Systeme verwendet wird, die bequemere, indem hiebei die verschiedenen Systeme eben so schnell, wie einfache Objective gewechselt werden können.

Die Wahl und Zusammenordnung der verschiedenen Gläser eines Systemes scheint bei den meisten Optikern auf einem blosen Tatonnement zu beruhen. Einzelne befolgen aber hiebei auch bestimmte Grundsätze. So gibt z. B. *Nobert* die Regel, durch Aenderung der Entfernung des stärksten und des mittleren Objectives die chromatische Aberration und durch Aenderung der Entfernung des mittleren und des hinteren Objectives die sphärische Aberration zu corrigiren.

Eine sehr bedeutende Verbesserung in Beziehung auf die Verbindung der Flint- und Kronglaslinse der Objective, welche auch mit Ausnahme des *Fraunhofer*'schen Institutes von allen Optikern angenommen wurde, beruht in der von *Charles Chevalier* eingeführten Methode, die beiden Linsen mit Canadabalsam, eingekochtem Terpentin oder Dammaraharz aufeinander zu kitten. Es wird hiedurch nicht blos der Lichtverlust sehr bedeutend ver-

mindert, indem die Zurückwerfung, welche an den freien Oberflächen der Linsen stattfindet, beinahe auf die Hälfte reducirt wird, sondern es wird auch der grosse Vortheil gewonnen, dass sich kein Schmutz zwischen den Gläsern absetzen kann. Das letztere geschieht bei nicht zusammengekitteten Gläsern, wenn auch die Fassung sehr sorgfältig gearbeitet ist, nicht selten im Laufe von einigen Jahren und man ist alsdann in die unangenehme Nothwendigkeit versetzt, die Fassung der Linsen zum Behufe der Reinigung derselben zu öffnen, was nicht Jedermanns Sache ist, und wobei man beim Wiedereinsetzen derselben der Gefahr ausgesetzt ist, die Centrirung derselben zu ändern.

Die Objectivsysteme werden allgemein an den Mikroskopkörper angeschraubt; *Chevalier* glaubte dagegen einen besondern Vortheil darin gefunden zu haben, dass er eine Bajonetverbindung anbrachte. Zum Wechseln ist dieses allerdings bequem, allein zweckmässig ist gerade an dieser Stelle eine Bajonetverbindung kaum, da eine solche immer der Ausnützung ausgesetzt ist und an keiner Stelle des Mikroskopes ein Schlottern weniger vorkommen darf, als gerade hier.

Die Objective unserer sämmtlichen Mikroskope, namentlich die stärkeren derselben, sind ohne Zweifel weit von dem Zustande der Vollkommenheit entfernt, deren sie an und für sich fähig wären, indem die Verfertigung derselben auf bloser Praxis und nicht auf einer durchgeführten Theorie beruht. Die Mathematiker, wie *Littrow*, welche dieses den Optikern zum schweren Vorwurfe machen, hätten aber wohl bedenken dürfen, dass dieser Vorwurf ein ungerechter ist, so lange sie selbst nicht im Stande sind, den Optikern die mechanischen Mittel an die Hand zu geben, durch welche diese in den Stand gesetzt werden, den Linsen die Form zu geben, welche die Berechnung vorschreibt. Die von *Fraunhofer* ausgeführten Objective wurden ohne Zweifel nach Berechnungen geschliffen, allein schon bei diesen scheinen ungeachtet ihrer grossen Brennweite die mechanischen Mittel des

*Fraunhofer'*schen Institutes nicht mehr auszureichen, um den Linsen genau die durch die Theorie vorgeschriebene Form zu geben, und es wird bei der Zusammensetzung der Objective nöthig, die zufällig zusammenpassenden Linsen, deren Verbindung das beste Bild gibt, aus einer grösseren Anzahl auszulesen. Dieses Verfahren wird allgemein bei den starken Objectiven angewendet, indem man kein Mittel hat, um die kleinen Linsen, wie sie zu solchen Objectiven verwendet werden müssen, nach einem bestimmten Halbmesser zu schleifen und ihnen eine bestimmte Dicke zu geben. Die Verfertigung dieser Objective beruht daher auf blosem Tatonnement und es ist in der That merkwürdig, aus der Vergleichung verschiedener Instrumente desselben Künstlers und namentlich *Plössl's* zu sehen, wie genau die einander entsprechenden Objectivsysteme verschiedener Instrumente in ihren Leistungen übereinstimmen; dieser Umstand weist von Seiten der wenigen Optiker, welche gute Mikroskope zu verfertigen wissen, auf eine sehr grosse Uebung in der Auffassung der kleinsten Eigenthümlichkeiten des mikroskopischen Bildes ihrer Probeobjecte und auf eine unermüdliche Geduld, die nicht nachlässt, bis das bestimmte Resultat erreicht ist, hin.

Die Lichtstrahlen, welche von dem im Focus des Objectives vor demselben liegenden Objecte ausgehen, vereinigen sich hinter demselben zu einem verkehrten Bilde. Je weiter das Object vom Objective entfernt wird, desto näher rückt das im hintern Vereinigungspunkte liegende Bild gegen das Objectiv zu, während es zugleich kleiner und lichtstärker wird, und umgekehrt. Es muss desshalb bei kurzer Mikroskopröhre und gleichem Objective das Object weiter von dem Objective entfernt werden und erscheint unter schwächerer Vergrösserung, als bei verlängerter Röhre. Dieses Bild könnte man an einer beliebigen Stelle in der Mikroskopröhre auf einer mattgeschliffenen Glastafel auffangen und so zur Anschauung bringen, wie man auch beim Daguerreotypiren eines mikroskopischen Bildes dieses Verfahren einschlägt,

indem man die jodirte Platte in die Mikroskopröhre einsetzt und somit das Mikroskop als eine stark vergrössernde Camera obscura benützt, wobei man auf der Platte ein Spiegelbild des Objectes erhält. Beim gewöhnlichen Gebrauche des Mikroskopes wird dagegen das in seiner Röhre entworfene Bild auf seiner hinteren Seite durch eine am obern Theile der Röhre befestigte Vergrösserungslinse (das Ocular) betrachtet und erscheint in Vergleichung mit der Lage des Objectes verkehrt.

Aus dem Gesagten erhellt, dass die Länge der Mikroskopröhre zwar willkührlich gewählt werden kann, aber in Hinsicht auf die Leistungen des Mikroskopes kein gleichgültiger Umstand ist. Hiebei kommen vorzugsweise folgende Punkte in Betracht.

Einmahl wird, wie schon bemerkt, das von dem Objective entworfene Bild desto grösser, je weiter es hinter dem Objective entworfen wird. Wenn man daher eine kurze Röhre anwendet, so muss das Ocular, mit welchem das Bild betrachtet wird, stärker als das bei einer langen Röhre angewendete Ocular sein, wenn dem Auge das Bild gleich stark vergrössert erscheinen soll. Hiebei ist es nun nicht günstig, gewisse Grenzen zu überschreiten, indem im allgemeinen die Anwendung einer längeren Röhre und eines schwächeren, aus weniger gekrümmten Gläsern bestehenden und eine weitere Oeffnung besitzenden Oculares ein reineres Bild gibt, als der Gebrauch einer kurzen Röhre und eines starken Oculares.

Zweitens sind die durch die sphärische und chromatische Aberration des Objectives in dem Bilde erzeugten Abweichungen nicht gleich, je nachdem das Bild in kurzer oder weiter Entfernung hinter dem Objective aufgefangen wird, sondern es nimmt (wenigstens bei solchen Mikroskopen, welche mit starken Objectivsystemen versehen sind) sowohl die chromatische als die sphärische Aberration mit der Verkürzung der Röhre in einem sehr merklichen Grade zu. Hieraus geht hervor, dass das bei manchen Mikroskopen angewendete Verfahren, die Röhre nach Art eines

Zugfernrohres zum Zusammenschieben einzurichten, um durch Verkürzung und Verlängerung der Röhre die Vergrösserungen ändern zu können, nicht unbedingt anzuempfehlen ist. Es gibt übrigens, wie im Capitel über die Deckgläser angeführt werden wird, ein einfaches Mittel, um diese Steigerung der Aberration zu corrigiren.

Endlich kommt bei der Bestimmung der Länge der Röhre der bequeme Gebrauch des Mikroskopes in Betracht. Bei horizontaler Lage der Röhre ist natürlicherweise die grössere oder kleinere Länge derselben ein sehr gleichgültiger Umstand, ganz anders verhält sich dagegen die Sache bei der gewöhnlichen senkrechten Stellung desselben. Die Optiker sollten billigerweise Rücksicht darauf nehmen, dem Mikroskope keine so grosse Höhe zu geben, dass man nicht an einem gewöhnlichen Tische sitzend mit demselben arbeiten kann. Man kann sich zwar allerdings bei grösserer Höhe des Mikroskopes dadurch helfen, dass man sich einen niederen Tisch oder einen höheren Stuhl machen lässt, allein beides ist nicht bequem und jedenfalls kann man ein solches Mikroskop auf Reisen nur stehend benützen, was für die meisten Beobachter sehr unbequem ist. Ich kann es aus diesem Grunde nicht billigen, dass einige Optiker, z. B. *Plössl*, *Schiek*, ihren Mikroskopen eine beträchtliche Länge ertheilen, so beträgt z. B. bei einem *Plössl*'schen Mikroskope die Länge der Röhre vom Ansatzpunkte der Objective bis ans obere Ende des Oculars 9″ 6‴, welches mit dem Stative zusammen eine Höhe von etwa 17″ gibt, welche viel zu bedeutend ist, als dass man noch an einem gewöhnlichen Tische sitzend mit einem solchen Mikroskope arbeiten könnte; bei einem *Amici*'schen Mikroskope ist die Röhre mit dem Oculare auf 7″ reducirt, was mit dem Stative zusammen 13″ gibt, welche Höhe bereits etwas unbequem ist und für einen Beobachter von kleiner Statur zu bedeutend sein muss.

Ueber die mechanische Ausführung der Mikroskopröhre werden wenige Bemerkungen hinreichen. Zweckmässig ist es,

dieselbe im Innern zu schwärzen, nothwendig dagegen, an ihrem unteren Ende und in ihrer Mitte, auch wohl noch unter dem Oculare Blendungen anzubringen, deren Oeffnungen so weit sind, dass die Lichtstrahlen, welche vom Objective direct zum Oculare gelangen können, nicht durch dieselben aufgefangen werden, dagegen auch so enge sind, dass nicht Lichtstrahlen in schiefer Richtung auf die Seitenfläche der Röhre auffallen und durch Spiegelung nach oben ins Ocular geworfen werden können. Manche Optiker legen einen übertrieben grossen Werth auf die vollkommene Schwärzung der Röhre, füttern sie mit schwarzem Sammte aus u. dgl. Dieses ist bei gehörig angebrachten Blendungen eine vollkommen unnöthige Sorgfalt; will man ausser der Anbringung von Blendungen noch etwas thun, so ist ein schwarzer Anstrich *) der Röhre oder das Einschneiden eines leichten Schraubenganges auf ihrer innern Seite vollkommen ausreichend.

Selligue wendete zuerst ein eigenthümliches Mittel an, um die Vergrösserungskraft der Objective ohne Verlängerung der Mikroskopröhre zu steigern. Er setzte nämlich in der Mitte zwischen dem Objective und dem Oculare ein Concavglas in die Mikroskopröhre ein; durch ein solches Glas wird die Divergenz der aus dem Objective ausgetretenen Strahlen vermehrt und dadurch das von denselben entworfene Bild vergrössert. Das

*) In Beziehung auf den schwarzen Anstrich der Röhren, Oculare etc. wird häufig darin gefehlt, dass der Auflösung von Schellack in Alcohol, mit welcher die erwärmten Metallstücke überstrichen werden, zu wenig Lampenschwarz beigemengt wird, wodurch der Ueberzug glänzend wird. Die eleganteste Art, das Messing zu schwärzen, besteht nach *Pritchard* darin, dass man es mit einer Auflösung von Platina in Königswasser wascht und die Flüssigkeit nach einigen Minuten abwischt (micr. cabinet. 227.). Die französischen Optiker besitzen ebenfalls eine sehr elegante Methode, das Messing zu schwärzen, welche meines Wissens darauf beruht, dass die Arbeitsstücke in Salpetersäure gelegt und dann erhitzt werden. Diese beiden letzteren Methoden eignen sich vortrefflich dazu, die Fassungen von Ocularen, Lupen etc. zu schwärzen.

Fraunhofer'sche Institut verbesserte diese Vorrichtung dadurch, dass es anstatt einer einfachen oder zweier übereinander liegender, nicht achromatischer Concavlinsen achromatische Concavlinsen zu diesem Behufe verwendet. Ich liess mir, um die Wirkung dieser Linsen zu prüfen, in dem genannten Institute eine solche achromatische Linse verfertigen; sie besitzt eine negative Brennweite von etwa 48‴. Dieselbe steigert bei gleichzeitig stattfindender Vergrösserung des Abstandes zwischen Object und Objectiv die Vergrösserungskraft der Objective, namentlich der schwachen Objective, nicht unbedeutend, und zwar desto mehr, je höher oben in der Mikroskopröhre dieselbe angebracht wird. Setzte ich z. B. diese Linse in meinem *Amici*'schen Mikroskope ungefähr einen Zoll oberhalb eines Objectivsystemes, welches ohne diese Linse mit dem schwächsten Oculare eine Vergrösserung von 82mahl im Durchmesser gibt, ein, so wurde die Vergrösserung auf 105 Durchmesser, und beim Einsetzen der Linse in die Mitte der Röhre auf 155 Durchmesser gesteigert, wobei freilich ein Theil dieser stärkeren Vergrösserung nicht der Wirkung der Linse, sondern der mit ihrem Einsetzen verbundenen, jedoch nicht bedeutenden Verlängerung der Mikroskopröhre zuzuschreiben ist. Diese durch eine Concavlinse bewirkte Steigerung der Vergrösserung ist dagegen mit eigenthümlichen Nachtheilen für das mikroskopische Bild verbunden, insofern die sphärische Aberration durch diese Linse bedeutend gesteigert wird. Auf der einen Seite führt die Anwendung dieser Linse zwar die Bequemlichkeit mit sich, dass das Object in grössere Entfernung von dem Objective gebracht werden kann, auf der andern Seite aber verliert man durch jene Vermehrung der sphärischen Aberration weit mehr an der Reinheit des Bildes, als man durch die gesteigerte Vergrösserung gewinnt. Man kann allerdings dieser Verschlechterung des Bildes durch Anwendung dickerer Deckgläser entgegenwirken; ich erhielt z. B. bei einem ziemlich schwachen *Amici*'schen Objectivsysteme, welches ein Deckglas

von 1,2 bis 1,6 Millim. Dicke erfordert, nach Einsetzung der Concavlinse wieder ein reines Bild, als ich Deckgläser von 2,3 bis 2,5 Millim. Dicke anwendete; meistens aber ist doch mit der Anwendung der Concavlinse ein gewisser Verlust an der Schärfe des Bildes verbunden, so dass ich im Allgemeinen das ganze Verfahren nicht zu billigen vermag. Etwas ganz anderes ist es, wenn man solche Linsen anwendet, um bestimmte Fehler, welche im Objectivsysteme nicht völlig corrigirt sind, durch einen entgegengesetzten Fehler in der aufgeschraubten Linse zu verbessern, wie z. B. *Amici* solche schwache Hülfslinsen häufig anwendet, theils um die sphärische, theils um die chromatische Aberration seiner Objective zu corrigiren. In diesem Falle bilden solche Linsen einen Theil des Objectives selbst, müssen je nach dem einzelnen Falle sehr abweichende Formen haben, und in Hinsicht auf die Farbenzerstreuung bald über-, bald untercorrigirt sein; können also mit jenen möglichst achromatischen Concavlinsen, die blos zur Steigerung der Vergrösserung verwendet werden, keineswegs verglichen werden.

Das Ocular hat, wie schon bemerkt, die Bestimmung, das von dem Objective entworfene Bild dem Auge vergrössert darzustellen. Auf den ersten Blick scheint es am einfachsten zu sein, zu diesem Zwecke eine einfache Linse zu verwenden; allein der Erfolg dieses Verfahrens ist, namentlich wenn man starke Linsen hiezu verwendet, kein sehr günstiger, und zwar aus mehreren Gründen. Einestheils übersieht man mit einer einfachen Linse nur einen verhältnissmässig kleinen Theil des vergrösserten Bildes und erhält desshalb ein sehr kleines Gesichtsfeld; anderntheils gewährt die Anwendung einer einfachen Linse kein vollständiges Mittel, um Abweichungen des von der Objectivlinse entworfenen Bildes zu corrigiren.

Welcher Art diese Abweichungen des Bildes sein müssen, wenn dasselbe durch die Ocularlinse fehlerfrei erscheinen soll, und welche Correction eintreten muss, lässt sich wohl auf fol-

gende Weise aus der Betrachtung der von der Ocularlinse auf das Bild ausgeübten Wirkung anschaulich machen. Fassen wir ins Auge, dass als Ocularlinse beinahe in allen Fällen eine planconvexe Linse und zwar sehr häufig eine Linse von sehr grosser Oeffnung, so dass sie beinahe eine völlige Halbkugel darstellt, und noch dazu in ihrer schlechtesten Lage, d. h. mit der ebenen Seite gegen das Auge gerichtet, angewendet wird, so geht daraus auf eine unzweifelhafte Weise hervor, dass das vom Objective entworfene Bild, wenn es fehlerfrei wäre, dem Auge, welches dasselbe durch jene Linse betrachtet, mit den grössten Abweichungen behaftet erscheinen müsste. Hieraus erhellt von selbst, dass das von dem Objective entworfene Bild nicht fehlerfrei sein darf, sondern dass es mit Aberrationen, die denen der Linse entgegengesetzt sein müssen, behaftet sein muss, wenn das Mikroskop ein reines Bild zeigen soll. Würde, wie man dieses gewöhnlich annimmt, und wie es auch bei Anwendung einer einfachen doppelt convexen Linse als Objectiv der Fall ist, jenes Bild in sphärischer und chromatischer Beziehung untercorrigirt sein, so würden die von einem Punkte des Objectes ausgehenden Strahlen in dem Bilde so geordnet liegen, dass die durch den Rand der Linse gehenden und ebenso die stärker brechbaren violetten Strahlen in einem von dem Objective weniger entfernten Focus vereinigt würden, als die centralen und die weniger brechbaren rothen Strahlen. Wenn nun aber diese beiderlei Strahlen vom Auge wieder zu einem Punkte vereinigt werden sollen, so müssen im Gegentheile die vor der Ocularlinse liegenden Vereinigungspunkte derselben so geordnet sein, dass die Vereinigungspunkte der brechbarsten und der durch den Rand der Linse gehenden Strahlen der Ocularlinse näher liegen, als die Vereinigungspunkte der centralen und der weniger brechbaren Strahlen, d. h. es muss das vom Objective entworfene Bild in chromatischer und sphärischer Beziehung in demselben Verhältnisse übercor-

rigirt sein, in welchem die Ocularlinse eine Untercorrection desselben bewirkt.

Es ist also deutlich, dass das Bestreben des Optikers nicht dahin gehen darf, Objective zu verfertigen, welche ein von Aberrationen freies Bild entwerfen. Die Untersuchung einer grossen Anzahl von Objectivsystemen zeigte mir auch in der That, dass dieselben wenigstens in chromatischer Hinsicht*) nicht unbedeutend übercorrigirt waren. Ich fing nämlich das Bild, welches dieselben von dem in einem Quecksilberkügelchen sich abspiegelnden Fenster lieferten, nicht mit einem Oculare, sondern mit einem möglichst achromatischen, schwach vergrössernden, zusammengesetzten Mikroskope auf, wobei die im Bilde sich zeigende chromatische Abweichung leicht erkennbar war; sie war die entgegengesetzte von der, welche eine einfache Linse liefert. Diese Uebercorrection nahm zu, je weiter entfernt vom Objective das Bild aufgefangen wurde.

Die Abweichung eines solchen übercorrigirten Bildes wird, wie aus dem oben Gesagten erhellt, durch die entgegengesetzten Abweichungen der Ocularlinse mehr oder weniger vollständig gehoben werden. Auf eine weit genügendere Weise wird jedoch dieser Zweck durch die Anbringung des sogenannten Collectivglases erreicht. Unter diesem Ausdrucke versteht man eine Linse, deren Brennweite und Breite etwa dreimahl so gross, als die entsprechenden Verhältnisse der Ocularlinse sind, und welche man zwischen dem Objective und dem von

*) Wie sich diese Objectivsysteme in Hinsicht auf sphärische Aberration verhielten, muss ich dahin gestellt sein lassen, indem durch die starken Farbensäume, welche ich bei der angeführten Prüfungsmethode erhielt, die weit schwieriger zu beobachtenden Kennzeichen der sphärischen Aberration so verhüllt wurden, dass ich dieselben nicht deutlich erkennen konnte; übrigens zweifle ich nicht im mindesten daran, dass auch in sphärischer Beziehung diese Objective übercorrigirt waren.

demselben entworfenen Bilde in der Mikroskopröhre anbringt. Die auffallendste Wirkung dieser Linse besteht darin, dass die Strahlen, von welchen jenes Bild entworfen wird, zu einem kürzeren Focus vereinigt werden. Das Bild wird hiedurch kleiner und zugleich lichtstärker, als es vorher war, und damit wird das Gesichtsfeld des Mikroskopes (der durch die Ocularlinse gesehene Theil des Bildes) vergrössert. Hiemit wäre nun, wenn sich die Wirkung des Collectivglases hierauf beschränken würde, kaum ein eigentlicher Vortheil erreicht, indem man, um dieselbe Vergrösserung wie ohne Collectivglas zu erhalten, eine weit stärkere Ocularlinse anwenden müsste, womit in Hinsicht auf die Reinheit des Bildes an und für sich noch nichts gewonnen wäre. Die hauptsächlichste, wenn gleich weniger ins Auge fallende Wirkung des Collectives beruht dagegen darauf, dass es ein mächtiges Mittel darbietet, die sphärische und chromatische Aberration des von dem Objective entworfenen Bildes auf eine solche Weise abzuändern, dass dasselbe, wenn es durch die Ocularlinse betrachtet wird, zwar von diesen beiden Abweichungen nicht völlig frei, aber doch in hohem Grade corrigirt erscheint.

Diese Correction bezieht sich sowohl auf die sphärische als chromatische Aberration. Hiebei findet nun der höchst wichtige Umstand statt, dass ihre Grösse für ein gegebenes Collectiv keine bestimmte, sondern ausserordentlich starken Aenderungen unterworfene ist, je nachdem das von dem Collective entworfene Bild in kürzerer oder grösserer Entfernung hinter diesem Glase liegt, welche Entfernung von der Entfernung des Objectes vom Objective abhängt, und im umgekehrten Verhältnisse zu dieser steht. Da dieses Bild, wenn man ein Object durch das Mikroskop sehen will, immer im Focus der Ocularlinse liegen muss und dieser keinem Wechsel unterliegt, so hat man in der gegenseitigen Entfernung der Ocularlinse und des Collectives das Mittel, dieses Bild immer in einer bestimmten Entfernung hinter dem Collective entstehen zu lassen, und dadurch einen bestimmten Grad der Cor-

rection festzustellen. In Beziehung auf diese Correction gilt nun die Regel, dass bei Anwendung eines bestimmten Objectives das durch das Ocular gesehene Bild bei einer mittleren Entfernung der Collectivlinse und Ocularlinse möglichst fehlerfrei erscheint; dass dagegen, wenn man die Ocularlinse dem Collective mehr nähert, das Bild daher näher am Collective auffängt, das Bild sowohl in chromatischer als sphärischer Beziehung übercorrigirt und dass es umgekehrt in beiden Beziehungen untercorrigirt wird, wenn die beiden genannten Linsen von einander entfernt werden. Hiebei versteht es sich wohl von selbst, dass, ungeachtet diese beiden Correctionen im Allgemeinen Hand in Hand gehen, doch der Indifferenzpunkt beider nicht immer zugleich eintritt, sondern dass eine Stellung der Collectiv- und Ocularlinse stattfinden kann, bei welcher das Bild zugleich in sphärischer Beziehung untercorrigirt, in chromatischer Beziehung übercorrigirt sein kann.

Die Anbringung des Collectivglases und die Regulirung der Entfernung der Ocularlinse von demselben bildet somit ein ausserordentlich wichtiges Hülfsmittel zur Vervollkommnung der Mikroskope. Gewöhnlich (vergl. die Zeichnung des *Plössl*'schen Mikroskopes auf Tab. III. fig. 1, wo h eine auf den Mikroskopkörper aufgeschraubte Röhre bezeichnet, in welche die Röhre des Oculars i eingesteckt ist, welche ihrerseits das Collectivglas (r) und die Ocularlinse (s) enthält) sind das Collectivglas und die zu ihm gehörige Ocularlinse zusammen in eine gemeinschaftliche Fassung so eingesetzt, dass ihre gegenseitige Entfernung nicht geändert werden kann. Wenn diese Entfernung gerade die passendste ist, um mit allen Objectiven desselben Mikroskopes das beste Bild zu geben, und wenn die Röhre des Mikroskopes eine unveränderbare Länge hat, so ist diese Einrichtung ganz gut; wenn dagegen diese Verhältnisse nicht stattfinden, wenn zwischen den verschiedenen Objectivsystemen kleine Unterschiede stattfinden, dann ist es weit besser, Oculare zu besitzen, bei welchen die Ocularlinse in eine Auszugröhre

gefasst ist, um durch Aenderung ihrer Stellung zum Collectivglase die nöthigen Correctionen im Bilde vornehmen zu können *). Eine solche Einrichtung gab *Amici* einem Theile seiner Oculare, wie die Abbildung des *Amici*'schen Mikroskopes auf Tab. IV. fig. 5 zeigt, wo o die auf den Mikroskopkörper aufgeschraubte Röhre zeigt, in deren unteres Ende das Collectivglas q eingeschraubt und in welcher die Röhre p verschiebbar ist, welche letztere die Ocularlinse r enthält. Die Anwendung solcher mit einer Auszugröhre versehenen Oculare kann besonders in dem Falle Nutzen bringen, wenn man bald eine kürzere, bald eine längere Mikroskopröhre anwendet, indem sich mit der Aenderung der Röhrenlänge die Correction des Bildes bedeutend ändert. Est ist zwar in dem Capitel über die Deckgläser auseinandergesetzt, wie man in der Wahl eines dünneren oder dickeren Deckglases das Mittel besitzt, die durch die verschiedene Länge der Mikroskopröhre bedingte, oft sehr schädliche Aenderung der sphärischen Aberration zu corrigiren; man wird jedoch häufig in den Fall kommen, auch diese durchs Ocular zu bewirkende zweite Correction nützlich zu finden, um so mehr, da dieselbe sehr stark auf die chromatische Aberration wirkt, auf welche die Dicke des Deckglases keinen sehr merklichen Einfluss hat. In welchem hohen Grade aber die Länge der Mikroskopröhre auf die chromatische Aberration des mikroskopischen Bildes wirkt, davon kann man sich leicht durch Beobachtung des von einem Quecksilbertropfen reflectirten Fensterbildchens durch eines der neueren Mikroskope überzeugen. Man wird dasselbe bei voller Röhrenlänge gewöhnlich etwas übercorrigirt finden, und es wird, je mehr man die Mikroskopröhre verkürzt, die Farbenzerstreuung

*) Es ist zu bemerken, dass durch die Entfernung der Ocularlinse vom Collectivglase nicht nur die Aberrationen des Bildes verändert werden, sondern dass auch die Grösse des Bildes bedeutend dadurch vermindert wird.

desto geringer, bis eine Grenze erreicht ist, an welcher das Bild möglichst achromatisch ist. Bei weiterer Verkürzung der Röhre gehen alsdann die Farbenerscheinungen in die entgegengesetzten über und das Bild ist untercorrigirt. Bei meinem *Amici*'schen Mikroskope musste ich bei Anwendung des schwächsten Objectivsystemes die Röhre (ohne die Länge des Oculars mitzumessen), auf 26‴ verkürzen, um das Bild möglichst achromatisch zu machen; bei voller Röhrenlänge gibt dieses Objectiv (welches übrigens in Hinsicht auf Schärfe des Bildes unübertrefflich ist), ein stark übercorrigirtes Bild.

Es geht aus dem, was über die Veränderungen angeführt wurde, welche im mikroskopischen Bilde durch das Collectiv und die Ocularlinse bewirkt werden, hervor, dass, ungeachtet das Objectiv der bei weitem wichtigste Theil des Mikroskopes ist, dennoch die Leistungen des letzteren keineswegs allein vom Objective, sondern von seinem Zusammenwirken mit dem Oculare abhängen, und dass, wer von seinem Mikroskope das möglichst vollkommene Bild erhalten will, sich mit den angeführten Erscheinungen bekannt zu machen hat, indem ihm häufig genug die Kenntniss derselben, sowie die Kenntniss des von den Deckgläsern ausgeübten Einflusses, die Mittel an die Hand geben wird, durch Anbringung von kleinen Correctionen die Leistungen seines Instrumentes auf einen Grad zu steigern, welchen dasselbe, als es aus den Händen des Mechanikers hervorging, zu gewähren nicht vermochte.

Als Ocular wird ganz allgemein bei dem Mikroskope das gewöhnliche Ocular des astronomischen Fernrohres angewendet, welches aus einem planconvexen Collectivglase und einer planconvexen Ocularlinse besteht, welche beide mit ihrer convexen Seite nach unten gewendet sind. Das Verhältniss der Krümmungshalbmesser beider Linsen wird von verschiedenen Optikern verschieden gewählt; am häufigsten ist der Radius des Collectivglases dreimahl grösser, als der der Ocularlinse. Von diesem

Verhältnisse weichen dagegen andere Optiker sehr bedeutend ab, indem sie die Ocularlinse bald stärker (z. B. *Amici*), bald schwächer (z. B. *Oberhäuser*) nehmen, was von nicht unbedeutendem Einflusse auf die Correction der Aberrationen ist. Man kann desshalb nicht unbedingt die Objective des einen Instrumentes mit den Ocularen eines andern verbinden.

Ob das in manchen Fällen bei den astronomischen Fernröhren angewendete *Ramsden*'sche Ocular, bei welchem das Bild nicht zwischen beiden Gläsern, sondern vor denselben liegt, schon bei dem Mikroskope angewendet wurde, ist mir nicht bekannt. *Plössl* gibt seinen Mikroskopen ein Ocular bei, welches einige Aehnlichkeit mit dem *Ramsden*'schen Oculare besitzt, und aus zwei planconvexen, achromatischen, mit den convexen Seiten gegeneinander gewendeten Linsen besteht und welches ein zwar sehr scharfes, aber schwach vergrössertes Bild gibt. Die Anwendung dieses Oculares ist sehr passend, wo es sich um eine sehr helle, reine Vergrösserung von minderer Stärke handelt, allein es wird mittelst dieses Oculares die penetrirende Kraft der Objective nicht gehörig ausgebeutet.

---

2. Das Stativ des zusammengesetzten Mikroskopes.

Da die mehr oder weniger bequeme Benützung des Mikroskopes wesentlich von der Construction seines Stativs abhängt, so halte ich es nicht für überflüssig, über diesen Theil einige Bemerkungen beizufügen, wenn ich gleich weit entfernt bin, auf diesen Theil des Instrumentes einen so grossen Werth zu legen, wie es manche englische Mikrographen, namentlich *Goring* thun, insoferne Uebung und Dexterität auch mit einem minder vollkommen eingerichteten Mikroskope beobachten lehrt.

Die wesentliche Bestimmung des Stativs ist die, die Mikroskopröhre in die passende Entfernung vom Objecte zu bringen und in dieser unverrückt festzuhalten. Gewöhnlich ist an demselben auch zugleich eine Vorrichtung, um das Object aufzulegen (Objecttisch) und der Beleuchtungsapparat angebracht. Es bilden diese beiden letzteren Apparate jedoch keinen nothwendigen Theil des Stativs, sondern können auch abgesondert von demselben sein, was jedoch wegen der Centrirung des Ganzen, wenigstens für die Mehrzahl der Beobachtungen nicht zweckmässig ist.

Man kann in Hinsicht auf die Construction des Stativs von sehr verschiedenen Grundsätzen ausgehen und wird sich daher über die zweckmässigste Einrichtung desselben kaum verständigen. Wer, wie *Goring* (microsc. illustrations by *Goring* and *Pritchard*. edit. 3. p. 150) von dem Grundsatze ausgeht, dass der mechanische Theil des Mikroskopes eine solche Einrichtung haben müsse, dass man den optischen Theil des Instrumentes nicht blos in einfacher linienförmiger Richtung dem Objecte nähern und von demselben entfernen könne, sondern dass derselbe in jeder Richtung beweglich sein müsse, wer ferner darauf ausgeht, an Einem Instrumente alle mechanischen Einrichtungen zu vereinigen, welche bei irgend einer mikroskopischen Beobachtung von Nutzen sein könnten, wer auf diese Weise ein sogenanntes Universalmikroskop herstellen will, der wird natürlicherweise seinem Stative eine weit complicirtere Einrichtung geben, als der, welcher sein Instrument nur für die gewöhnlich vorkommenden Beobachtungen einrichtet und der Ansicht ist, dass der Einzelne, welcher mit dem Mikroskope besondere Zwecke verfolgt, auch ein für diese Zwecke besonders construirtes Stativ benützen müsse, dass dagegen die Vereinigung aller, zu irgend einem Zwecke dienlicher mechanischer Vorrichtungen an einem Instrumente nicht blos im Allgemeinen unnütz, sondern in mancher Beziehung schädlich sei.

Ich für meinen Theil gehe von dem Grundsatze aus, dass für das Mikroskop (wenn es nicht zu besonderen Zwecken, die eine specielle Einrichtung für sich erfordern, gebraucht werden soll) nur eine einfache geradlinigte Bewegung nöthig ist, durch welche dasselbe dem Objecte beliebig genähert und von demselben entfernt werden kann. Diese einfache Bewegung ist mit grosser Einfachheit und Solidität des Stativs vereinbar, während jede weitere Bewegung, die man dem Mikroskope ertheilt, Gelenke und ähnliche Vorrichtungen nöthig macht, welche nicht blos die Solidität des Ganzen beeinträchtigen, sondern auch den Gebrauch des Instrumentes erschweren, indem bei seiner Benützung eine Menge Rücksichten auf die und jene Schraube u. s. w. zu nehmen sind, wodurch nur die Aufmerksamkeit von der Hauptsache abgezogen wird. Ich halte diesen Umstand für gar nicht so unwichtig, als er auf den ersten Blick erscheinen könnte. Bei einfachem Baue des Mikroskops gewöhnt man sich, alle an demselben nothwendigen Bewegungen während der Beobachtung vorzunehmen, ohne das Auge vom Oculare zu entfernen, indem man den Trieb, den Spiegel u. s. w. wie man sagt im Griffe hat und diese Theile nicht erst mit dem Auge aufsuchen muss. In dieser Hinsicht ist es z. B. schon störend, wenn man von dem gewöhnlich benützten Instrumente her gewöhnt ist, das Triebwerk rechts zu drehen, um das Objectiv vom Objecte zu entfernen, und nun ein Instrument in die Hände bekommt, bei welchem man dasselbe zu diesem Behufe links drehen muss. Je einfacher der Bau des Mikroskops ist, desto schneller und leichter wird man alle nöthigen Bewegungen vornehmen, je complicirter sein Bau ist, desto mehr Ueberlegung und Zeit kosten dieselben und desto mehr wird die Aufmerksamkeit während der Beobachtung zum Schaden derselben getheilt. Wer nicht die manuelle Geschicklichkeit hat, um mit einem einfach gebauten Mikroskope zu beobachten, wer für jede Bewegung, anstatt seine Finger zu gebrauchen, eine Schraube nöthig hat,

der ist ohnehin zum mikroskopischen Beobachter untauglich, denn er wird vergeblich ein brauchbares Präparat zu verfertigen sich bemühen.

Betrachten wir die einzelnen Theile des Stativs. Zuerst muss man darauf Bedacht nehmen, dass dasselbe fest steht. In dieser Hinsicht ist es unerlässliche Bedingung, dass seine Basis nicht zu klein ist; ist sie zugleich schwer, so ist es desto besser.

Die Stative kleiner Mikroskope sind häufig zum Anschrauben auf den Deckel des Mikroskopkastens eingerichtet. Hiedurch wird allerdings ein besonderer Fuss erspart und das Instrument auf Reisen transportabler; ich finde aber diese Einrichtung im Allgemeinen verwerflich, indem die Höhe des Mikroskops um die Höhe des Kastens vermehrt ist, was eine sehr geringe Höhe des Mikroskopes nöthig macht, wenn dasselbe nicht unbequem sein soll. Will man jedoch einem Mikroskope diese Einrichtung geben, so muss sich jedenfalls nach der von *Chevalier* getroffenen Einrichtung der Kasten seitwärts, und nicht nach oben öffnen, weil sonst das Herausnehmen von Ocularen etc. aus dem Kasten während der Beobachtung sehr erschwert ist, oder es muss, wie bei den kleineren *Fraunhofer*'schen Mikroskopen das Instrument im Innern des Kastens an einem Charnier befestigt sein, um nach Oeffnung des Deckels und bei offen stehendem Kasten aufgerichtet werden zu können.

Der Fuss des Stativs besteht sehr häufig aus drei zum Zusammenlegen eingerichteten Armen. Wenn diese stark genug sind, so dass sie nicht leicht federn, was am ehesten erreicht wird, wenn sie höher als breit sind, wie an den *Plössl*'schen Mikroskopen (Tab. III. fig. 1), so ist gegen diese Einrichtung nichts einzuwenden, und es scheint mir überflüssig zu sein, um eine grössere Festigkeit zu erhalten, mit *Pritchard* (micr. illustrat. 92) den Fuss aus einem einzigen Metallstücke, also nicht zum Zusammenlegen, zu verfertigen, oder nach *Goring's* Beispiele unter der Säule des Stativs eine Schraube (Tab. IV. fig. 18 f.)

anzubringen, welche auf den Tisch abwärts geschraubt werden kann, um als vierter Fuss die Säule unmittelbar zu unterstützen. Zweckmässiger ist es, den drei Füssen eine horizontale Richtung zu geben, als sie in conischer Richtung auseinander treten zu lassen, indem durch das letztere das Instrument auf eine unnöthige Weise höher wird. Stellschrauben, wie bei astronomischen Instrumenten an den Füssen anzubringen, ist vollkommen überflüssig.

Eine besondere Vorrichtung wurde von *Andrew Ross* (microsc. journal I. 11) an den Füssen des Mikroskopes angebracht, um die Erschütterung, welche die auf der Strasse vorüberfahrenden Wägen verursachen, zu brechen. Es werden zu diesem Behufe unter die Füsse des Instrumentes Filzstücke gelegt und über jeden derselben ein kleines metallenes dreifüssiges Tischchen gestellt, durch dessen Platte eine Schraube geht, an deren unterem Ende eine Spiralfeder befestigt ist, deren anderes Ende in einen Haken am Mikroskopfusse eingreift. Diese Federn werden nun durch Anziehen der Schraube so weit gespannt, dass durch dieselben der grösste Theil vom Gewichte des Mikroskopes getragen wird. In wie weit diese Vorrichtung ihrem Zwecke entspricht, ist mir aus eigener Erfahrung nicht bekannt, indem ich mich nicht veranlasst fand, dieselbe an meinem Mikroskope anzubringen. Die Erschütterung des Mikroskopes durch vorüberfahrende Wägen ist allerdings unangenehm, allein sie ist in den wenigsten Fällen wirklich störend, indem sie bei Betrachtung fester Körper kaum von irgend einem Einfluss ist, und bei Körpern, die in Wasser liegen, durch Bedeckung des Wassertropfens mittelst eines Deckglases ebenfalls die nöthige Stabilität bewirkt wird. Auch in dieser Beziehung ist wieder Einfachheit und fester Bau des Statives von Nutzen, denn wenn irgend ein Theil desselben schlottert, so ist die Erzitterung des Hauses doppelt störend. Wollte man Beobachtungen machen, bei welchen jede Erschütterung abgeschnitten ist, z. B. um zu ermitteln, ob auf

die Molecularbewegung feiner in einer Flüssigkeit schwimmender Körnchen Erschütterungen von Einflusse sind (was sie übrigens bestimmten von mir angestellten Versuchen nach nicht sind), so müsste man das Mikroskop auf einer Sternwarte aufstellen, oder wenigstens in einem von Strassen entfernten Local beobachten. Die Sorge, dass bei gewöhnlichen Beobachtungen Erschütterungen des Hauses schaden, ist übertrieben. Ich bewohne z. B. seit zehen Jahren ein Haus, welches nicht nur unmittelbar an einer befahrenen, gepflasterten Landstrasse, sondern auch in nächster Nähe von zwei Mühlen liegt und welches, so lange die Mühlen gehen, beständig schwachen Erzitterungen ausgesetzt ist, dessenunerachtet habe ich bei meinen vielfachen mikroskopischen Beobachtungen niemahls ein Hinderniss in diesem Umstande gefunden. Viel stärker und störender als solche Erschütterungen des ganzen Hauses sind oft die Schwankungen, welche der Tisch, auf dem das Mikroskop steht, erfährt, wenn man den eigenen Körper auf denselben aufstützt, indem sich hiebei die Erschütterung, welche der Herzschlag dem Körper ertheilt, dem Tische mittheilt. Je solider der Bau des Mikroskops, und je compendioser das letztere ist, desto weniger werden solche Umstände störend einwirken.

Gegen den dreiarmigen Fuss des Mikroskops kann man einwenden, dass derselbe kein bedeutendes Gewicht besitzt und gegen das Umfallen des Instrumentes bei einem gelegentlichen Stosse weniger sichert, als ein Fuss von bedeutender Schwere. In dieser Beziehung ist es für ein Standmikroskop besser, als Fuss eine trommelförmige, mit Blei ausgegossene Platte zu gebrauchen, wie sie *Oberhäuser* bei seinen Mikroskopen (Tab. III. fig. 8. a. a. Tab. VI. fig. 5. a) anbrachte.

Der wesentlichste Unterschied zwischen den verschiedenen Mikroskopstativen beruht auf dem Umstande, ob an ihnen die Mikroskopröhre in senkrechter Richtung befestigt und blos auf- und abwärts beweglich ist, oder ob dieselbe in beliebigem Win-

kel gegen die senkrechte Linie zu stellen und etwa auch in horizontaler Richtung um die Säule drehbar ist.

Die englischen Mikrographen, welche die senkrechte Stellung des Mikroskopes und die Beobachtung mit abwärts gewendetem Auge für die schlechteste halten (vergl. *Goring* in microso. illustr. 179), verwerfen natürlicherweise die erstere dieser Einrichtungen. Auf dem Continent denkt man in der Regel von der Sache anders; ich wenigstens stehe nicht an, die senkrechte Stellung des Mikroskopes für die normale, und andere Stellungen nur für ausnahmsweise und zu besondern Zwecken dienlich zu bezeichnen, und zwar aus folgenden Gründen.

Die Objecte der mikroskopischen Forschung sind in der grossen Mehrzahl der Fälle in Wasser zu untersuchen, es muss daher die Glasplatte, auf der sie aufliegen und folglich auch der Objecttisch eine horizontale Lage besitzen. Ebenso ist es auch bei Untersuchung der meisten trockenen Körper das natürlichste und einfachste, dieselben auf einen horizontalen Objecttisch aufzulegen, weil bei anderer Stellung des Objecttisches eine Menge mechanischer Vorrichtungen (Schieber, Federklammern u. s. w.) nöthig werden, um dieselben festzuhalten. Damit ist aber die senkrechte Stellung des Mikroskopes von selbst gegeben, wenn man nicht die Röhre desselben rechtwinklig brechen will, wobei durch das hiebei nöthig werdende Prisma auf eine unnöthige Weise Licht verloren wird.

Ein zweiter Grund für die senkrechte Stellung der Mikroskopröhre liegt darin, dass bei dieser Stellung am leichtesten fremdes Licht vom Auge abgehalten wird, während bei horizontaler, oder gegen den Himmel aufwärts gewendeter Stellung derselben weit leichter seitwärts Licht ins Auge einfällt, oder wenigstens die Anbringung eines grossen, auf die Mikroskopröhre aufgesteckten Schirmes nöthig wird.

Einen weiteren Grund finde ich wenigstens darin, dass es bequemer ist, in ein senkrecht stehendes, als in ein horizontales

Mikroskop zu sehen. Es mag dieses von individueller Eigenthümlichkeit abhängen, für mich aber und wohl für viele andere ist dieser Grund bei anhaltender Beobachtung ein sehr bedeutender, denn ich finde, dass die Stellung des Kopfes und Rückens dabei weit weniger ermüdend ist. Ich gebe zu, dass die schief abwärts gerichtete Stellung der Mikroskopröhre noch bequemer für den Beobachter ist, allein sie ist schwer mit horizontaler Stellung des Objecttisches, die ich als ganz nothwendig betrachte, zu verbinden, und macht jedenfalls eine Brechung der Mikroskopröhre und eine mit Lichtverlust verbundene Ablenkung der Lichtstrahlen durch einen Spiegel oder ein Prisma nöthig.

Einige englische Beobachter glaubten in dem Zustande des Auges einen Grund gegen die senkrechte Stellung der Mikroskopröhre zu finden, namentlich glaubt *Brewster* (treat. on the microsc. 166), dass die Flüssigkeit, welche das Auge befeuchtet, sich bei abwärts gewendetem Kopfe auf der höchsten Stelle der Cornea auf eine unregelmässige Weise ansammle und das Sehen störe, und dass es desshalb für das mikroskopische Sehen (wenn gleich nicht für die Untersuchung) am günstigsten sei, auf dem Rücken liegend ins Mikroskop zu sehen, indem bei dieser Lage des Auges die Flüssigkeit von der Cornea nach allen Seiten hin gleichmässig abfliesse. *Risum teneatis amici!*

Eine andere Einwendung macht Dr. *Goring*, welche auf den ersten Blick mehr für sich zu haben scheint (microsc. illustr. 191). Er glaubt nämlich, dass das anhaltende Sehen nach abwärts für den Kopf und das Auge schädlich sei, indem dabei das Blut gegen den Kopf getrieben werde. Man höre niemahls, dass die Astronomen, welche beständig aufwärts sehen, am Auge leiden, wie die mikroskopischen Beobachter, ungeachtet sie wo möglich noch anhaltender und angestrengter mit den stärksten Vergrösserungen beobachten. Ich glaube, diese Thatsache ist in Zweifel zu ziehen, wenigstens kenne ich mehrere Astronomen, welche an ihren Augen ganz dieselben Erfahrungen, wie ich beim Ge-

brauche des Mikroskopes, machten, d. h. dass sie Schmerzen in dem linken Auge bekamen, mit welchem sie nicht in das Instrument sahen, und dass das rechte Auge, mit welchem sie beständig beobachten, für den Eindruck des Lichtes weit unempfindlicher, als das linke wurde (oder vielleicht das linke empfindlicher, als im Normalzustande wurde) und dass das linke, wenn sie mit ihm in das Instrument sahen, zwar einen sehr hellen Lichteindruck empfängt, allein schnell überreizt wird und zu scharfer und anhaltender Beobachtung untauglich ist.

Vorausgesetzt nun, man entscheidet sich der Mikroskopröhre eine senkrechte Lage zu ertheilen, so entsteht vor allem die Frage, soll man das Mikroskop gegen den feststehenden Objecttisch bewegen, wie dieses z. B. bei den Mikroskopen von *Fraunhofer, Plössl* (Tab. III. fig. 1), *Schiek, Oberhäuser* (Tab. III. fig. 8. Tab. VI. fig. 5) der Fall ist, oder soll umgekehrt der Objecttisch gegen die feststehende Röhre des Mikroskops bewegt werden, wie z. B. bei den Mikroskopen von *Amici* (Tab. IV. fig. 5), *Chevalier* (Tab. V. fig. 1 — 5).

Für den Beobachter ist vielleicht die letztere Einrichtung die bequemere, insoferne er bei derselben den Kopf immer in derselben Höhe hält, während er bei einem Mikroskope mit beweglicher Röhre genöthigt ist, den Kopf beim Gebrauche verschiedener Objective ein paar Zolle niederer oder höher zu halten. Diese Unbequemlichkeit ist aber nicht so gross, dass sie in Betracht käme, da für die entgegengesetzte Einrichtung ein bedeutender Grund spricht, und zwar der, dass nur bei einem Mikroskope, dessen Röhre beweglich ist, der Objecttisch so fest und unbeweglich gemacht werden kann, dass auf demselben ein Schraubenmikrometer hinreichend sicher zu befestigen ist. Da ich dieses Messinstrument für ganz unentbehrlich halte, so muss ich mich entschieden gegen jede Bewegung des Objecttisches, auch wenn sie nur zur feinen Einstellung dient, aussprechen. Ein anderer, jedoch meiner Meinung nach weniger

wichtiger Grund war für *Goring* in dieser Beziehung maassgebend, nämlich der, dass Wasserinsecten, welche man lebend beobachtet, weit ruhiger sind, wenn der Objecttisch feststeht und die Röhre bewegt wird, als wenn das umgekehrte Verhältniss stattfindet. Dieser Grund könnte allerdings dafür geltend gemacht werden, dass man die grobe Bewegung der Röhre ertheilt, allein eine feine Bewegung des Objecttisches würde von dieser Einwendung nicht getroffen. Aus dem zuerst angegebenen Grunde verwerfe ich aber auch die letztere.

Die Bewegung der Mikroskopröhre wird gewöhnlich durch einen Trieb bewirkt, z. B. bei den *Plössl*'schen Mikroskopen (Tab. III. fig. 1); diese Bewegung ist zwar an und für sich nicht die sanfteste und genaueste, allein wenn die mechanische Arbeit gut ist, so genügt sie auch für die feine Einstellung. Es ist hiebei ziemlich gleichgültig; ob die Säule, an welcher die Mikroskopröhre auf und ab geführt wird, cylindrisch, dreieckig oder viereckig ist, indem sich bei jeder dieser Formen die nöthige Genauigkeit erreichen lässt. Weil aber die mechanische Ausführung des Triebwerkes häufig nicht vollkommen gut ist und auch, weil dasselbe der Ausnützung unterworfen ist, so ist es nicht überflüssig, zur feinen Einstellung eine Mikrometerschraube anzubringen. Die Art, wie diese angebracht ist, lässt in vielen Fällen gerechten Tadel zu. Bewegt man, wie bei den *Plössl*'schen Mikroskopen (Tab. III. fig. 2) durch dieselbe den ganzen an einer verschiebbaren Hülse befestigten Objecttisch, so verliert man den ganzen Vortheil, welchen für die Anbringung eines Schraubenmikrometers die Bewegung der Mikroskopröhre besitzt, und man würde besser thun, die Mikroskopröhre festzustellen und am Objecttische sowohl die grobe, als die feine Bewegung anzubringen, wie dieses *Amici* (Tab. IV. fig. 5. fig. 8. fig. 16) that. Besser ist es, wie dieses am *Oberhäuser*'schen Mikroskope (Tab. III. fig. 8) der Fall ist, die Mikrometerschraube in der Säule des Mikroskopes anzubringen; es bedarf jedoch diese Einrichtung

einer sehr guten mechanischen Arbeit, wenn kein Schlottern stattfinden soll. Die einfachste und, wie mir scheint, passendste Anbringung der Mikrometerschraube an einem vollkommen feststehenden Objecttische werde ich weiter unten beschreiben.

Eine zweite Art, die Mikroskopröhre zu bewegen, wie sie z. B. bei den *Oberhäuser*'schen Mikroskopen (Tab. III. fig. 8. Tab. VI. fig. 5) sich findet, besteht darin, dass sie mit der Hand in einer Hülse auf und ab geschoben wird. Bei genauer Arbeit und gehöriger Länge der Hülse ist diese Bewegung sehr sanft und zur feinsten Einstellung hinreichend, allein bei vielfachem Gebrauche schiebt sich die Röhre in der Hülse bald zu schwer, bald zu leicht. Da nämlich die Röhre nicht gefirnisst werden kann, so lauft leicht das Metall derselben an und es setzt sich Schmutz auf derselben ab, in welchem Falle sich die Röhre zu schwer in der Hülse schiebt; putzt man dieselbe wieder plank, so schiebt sie sich in Folge der allmähligen Abnützung zu leicht und kann sich, namentlich wenn man zum Behufe des Zeichnens mit der *Camera lucida* eine rechtwinklig gebogene Röhre mit einem Prisma aufsetzt, schon durch ihr eigenes Gewicht abwärts senken. So compendios und bequem, namentlich bei Reisemikroskopen, diese Einrichtung ist, so ziehe ich doch der angeführten Nachtheile wegen die Bewegung mittelst eines Triebes vor.

Bei der Bewegung der Röhre in einer Hülse ist natürlicherweise dieselbe um ihre eigene Achse drehbar. Es ist mir nicht bekannt, ob auf diese Rotation irgend Jemand aus optischen Gründen einen Werth legte, mit Ausnahme von *Amici*, welcher bei seinem Mikroskope, bei welchem die Röhre fest steht, diese Drehung dadurch möglich machte, dass er die Röhre mittelst einer Bajonetverbindung an einem in horizontaler Richtung vom obern Ende der Stativsäule abstehenden Arme befestigte (Tab. IV. fig. 5. fig. 7). Die Gründe für dieses Verfahren werden weiter unten besprochen werden.

Ein für die bequeme Benützung des Mikroskopes sehr wesentlicher Theil, welcher jedoch sehr häufig auf eine ganz zweckwidrige Weise eingerichtet ist, ist der Objecttisch.

Was seine Form betrifft, ob er rund oder viereckig ist, so ist dieses sehr gleichgültig, wenn er nur gross genug ist. In dieser Beziehung wird dagegen sehr häufig dadurch gefehlt, dass er zu klein gemacht wird. Unter $2^1/_2$ bis 3″ Durchmesser sollte er nie haben, sonst ist man immer gehindert, Glasplatten von beliebiger Form und Grösse aufzulegen, dieselben zu drehen u. drgl. An dem Mikroskope von *Goring* hat derselbe eine Breite von 5 Pariser Zoll; dieses schadet zwar nichts, man wird aber doch selten in den Fall kommen, eine solche Grösse desselben wünschbar zu finden.

Ein zweiter, sehr wesentlicher Fehler vieler Objecttische besteht darin, dass die Fläche derselben nicht ganz eben ist, sondern dass auf derselben Federklammern, Schraubenköpfe u. drgl. vorstehen u. s. w. Solche Fehler finden sich sogar an Mikroskopen der besten Art, wie an denen von *Plössl* (Tab. III. fig. 1. r. fig. 3. r). Will man Federklammern anbringen, so müssen sie in Löcher des Objecttisches eingesteckt sein und durch einen leichten Druck entfernt werden können (Tab. III. fig. 10. 11).

Will man das Mikroskop zur Beleuchtung opaker Objecte mittelst des *Lieberkühn*'schen Spiegels benützen, so muss die Oeffnung des Objecttisches mindestens einen Zoll im Durchmesser haben, um einen breiten Lichtbündel mit dem Spiegel aufwärts werfen zu können. Eine solche grosse Oeffnung ist für die gewöhnliche Benützung nicht ganz bequem, indem man genöthigt ist, zum Auflegen der Objecte grosse, oder wenigstens lange Gläser zu benützen, und hauptsächlich desshalb, weil sie die Anbringung einer drehbaren, scheibenförmigen Blendung erschwert. Will man daher den *Lieberkühn*'schen Spiegel nicht benützen, so bringt man am besten im Objecttische eine Oeffnung

an, die nicht viel grösser, als das Gesichtsfeld des schwächsten Objectives ist, wo sie selten über $^1/_2$ Zoll Durchmesser erhalten wird, oder man verschliesst für den gewöhnlichen Gebrauch die Oeffnung theilweise.

Passend ist es den Objecttisch nicht aus einer glänzenden Messingplatte zu machen, indem bei schwachen Vergrösserungen durch einen glänzenden Tisch leicht falsches Licht ins Mikroskop geworfen wird, sondern denselben schwarz anzustreichen, oder wie bei den *Oberhäuser*'schen Mikroskopen eine mattgeschliffene schwarze Glasplatte in denselben einzusetzen, was noch den weiteren Vortheil hat, dass Verunreinigung desselben mit Säuren nichts schadet.

Ich habe oben darauf hingewiesen, dass die Anwendung des Schraubenmikrometers ihre Sicherheit verliert, wenn der Objecttisch beweglich ist, und dass sich leicht am feststehenden Objecttische eine Vorrichtung zur feinen Einstellung anbringen lasse. Ich liess zu diesem Behufe eine Messingplatte (Tab. II. fig. 17. b. fig. 18. b), welche in ihrer Form mit dem Objecttische (a) übereinstimmt, durch zwei starke Schrauben an ihrem hintern Ende auf den Objecttisch aufschrauben und liess am vordern Ende des letzteren von unten her eine kurze Mikrometerschraube (fig. 18. f.) durch denselben durchgehen, welche wenn sie über die obere Fläche des Tisches vorgeschraubt wird, jene Messingplatte und mit ihr das auf ihr liegende Object in die Höhe hebt. Wenn die Platte nicht zu dünn ist (ich gab ihr 2 Millim. Dicke), so federt sie hinreichend stark, um jeden todten Gang der Mikrometerschraube aufzuheben und beim Auf- und Abwärtsschrauben eine sehr feine Einstellung zu gestatten, so dass ich diese Einrichtung bequemer, als alle andern mir bekannten finde.

Der dritte, wichtige Theil, welcher gewöhnlich am Stative angebracht wird, ist der Beleuchtungsapparat, wenigstens so weit er zur Beleuchtung durchsichtiger Körper mittelst reflectirten Lichtes dient. Da über die Beleuchtung in einem besonderen

Capitel ausführlicher gehandelt werden wird, so werde ich hier nur die am gewöhnlichsten angewendeten Vorrichtungen besprechen.

Der wesentlichste Theil des Beleuchtungsapparates besteht in einem unter dem Objecttische befindlichen, in jeder Richtung beweglichen Spiegel, mittelst dessen das Licht des Himmels, oder auch künstliches Licht aufgefangen und durch das Object ins Mikroskop reflectirt wird. Je vollkommener der optische Theil des Mikroskopes ist, desto weniger Sorgfalt kann auf den Beleuchtungsapparat verwendet werden und umgekehrt, und wenn auch die Leistungen des besten Mikroskopes zu einem guten Theile von der Einrichtung des Beleuchtungsapparates abhangen, so ist es doch für die neueren achromatischen Mikroskope eine übertriebene Forderung, wenn *Brewster* verlangt, dass der Beleuchtungsapparat eines Mikroskopes die gleiche Vollendung, wie sein optischer Theil erfordere.

Bei den meisten Mikroskopen ist zur Beleuchtung ein Concavspiegel verwendet. Durch einen solchen wird allerdings ein intensiveres Licht, als durch einen Planspiegel erhalten, allein bei schwachen Vergrösserungen ist das Licht zu stark und muss beschränkt werden, und bei starken Vergrösserungen erhält man, wenigstens wenn man keine weiteren Vorrichtungen anbringt, ein weniger schönes Bild, als durch einige andere, gleich zu besprechende Vorrichtungen. Die Physiker verlangen, dass der Concavspiegel in die Entfernung vom Objecttische gestellt werde, dass sein Focus in die Fläche, in welcher das Object liegt, fällt, so dass das Licht, mittelst dessen wir das Object sehen, von diesem selbst auszustrahlen scheint. Ich bin weit entfernt, die Richtigkeit dieser Forderung von theoretischer Seite aus anzugreifen, muss aber gestehen, dass ich auf experimentellem Wege dieselbe nicht zu bestätigen vermochte. Wollte man hiegegen anführen, dass dieses nichts gegen jene Regel beweise, sondern nur dafür spreche, dass die von mir verwendeten *Amici*'schen und *Plössl*'schen Mikroskope

so gut sind, dass sie ungeachtet einer unvollkommenen Beleuchtung doch ein gutes Bild geben, so kann ich nur mit: desto besser! darauf antworten. Das beste optische Instrument ist unser Auge und mit diesem sehen wir bei der schlechtesten Beleuchtungsart gut, je mehr sich ihm ein Mikroskop in dieser Eigenschaft nähert, desto sicherer und bequemer ist sein Gebrauch.

Ein Concavspiegel wirft, wie schon bemerkt, in den meisten Fällen ein zu reichliches Licht ins Auge, wodurch sehr durchsichtige Gegenstände leicht unsichtbar werden, und überhaupt das Bild an Schärfe und Schwärze der Umrisse verliert. Es ist desshalb von der grössten Wichtigkeit, das Licht in beliebigem Grade beschränken zu können.

Eine sehr bequeme und, wie mir scheint, bei einem guten Mikroskope auch vollkommen ausreichende Vorrichtung besteht in einer drehbaren, unter dem Objecttische angebrachten Scheibe, in welcher sich eine Anzahl von Oeffnungen von abnehmender Grösse findet, welche durch die Drehung der Scheibe unter die Oeffnung des Objecttisches gestellt werden können (vrgl. Tab. II. fig. 13. 14. 17. 18). Wenn die Vorrichtung ihrem Zwecke entsprechen soll, so muss die Anzahl dieser Oeffnungen und der durch dieselben bewirkten Modificationen der Beleuchtung nicht zu klein sein und etwa 8 bis 10 betragen, ferner dürfen die Oeffnungen einander nicht zu nahe stehen, sondern sie müssen so weit von einander abstehen, dass wenn die eine zur Seite gedreht wird, das ganze Gesichtsfeld des Mikroskops vollkommen dunkel ist, ehe die nächste Oeffnung erscheint. Dieses ist bei der auf Tab. II. fig. 17 abgebildeten der Fall, dagegen ist die auf Tab. II. fig. 13 nach *Chevalier* abgebildete ganz schlecht.

Eine Vorrichtung, welche denselben Zweck auf eine in mancher Beziehung noch vollständigere Weise erfüllt, besteht in der Anwendung von beweglichen Blendungen (Tab. III. fig. 5), welche in senkrechter Richtung durch einen Trieb oder einen Hebel (Tab. III. fig. 8. t) dem Objecte genähert, und von dem-

selben entfernt werden können. Ueber die Unterschiede zwischen diesen Methoden wird im Capitel von der Beleuchtung näher die Rede sein.

Der Concavspiegel wird in der neueren Zeit (z. B. bei den meisten englischen, bei den *Amici*'schen Mikroskopen) auf eine sehr zweckmässige Weise durch einen Planspiegel und eine zwischen dem Spiegel und dem Objecte befindliche Sammellinse (Tab. IV. fig. 5. u. fig. 17. fig. 18. t.) ersetzt, welche letztere sich auf- und abwärts bewegen und zur Seite schieben lässt. Diese Linse concentrirt die vom Planspiegel kommenden Parallelstrahlen auf dieselbe Weise auf dem Objecte, wie ein Concavspiegel; ist das Licht zu stark, so dreht man die Linse zur Seite und hat nun die schwächere Beleuchtung des Planspiegels, oder man bewegt die Linse abwärts, bis die gehörige Schwächung des Lichtes erzielt ist. Auch ist zweckmässig, über der Linse noch eine zur Seite zu schiebende Blendung (Tab. IV. fig. 17. v.) anzubringen, um auch durch diese das zu starke Licht schwächen zu können. Bringt man bei diesem Beleuchtungsapparate noch die drehbare Scheibe unter dem Objecttische an, so entspricht er allen Anforderungen, wenigstens finde ich nicht, dass die Anwendung des *Dujardin*'schen Apparates grosse Vortheile vor dem eben beschriebenen voraus hat. Von diesem und einigen andern Beleuchtungsapparaten wird in dem von der Beleuchtung handelnden Capitel die Rede sein.

Ich halte es nicht für unzweckmässig, wie oben beim einfachen Mikroskope, so auch hier, die Beschreibung und Zeichnung einiger Stative zu geben.

Stativ von *Plössl*. Der Fuss (Tab. III. fig. 1. b. b.) besteht aus drei Armen, von welchen der mittlere an die scheibenförmige Basis der Säule unbeweglich angeschraubt ist, die seitlichen sich um eine starke Schraube seitwärts und rückwärts drehen lassen, bis die Füsse unter gleichen Winkeln von einander abstehen, in welcher Lage die seitlichen an einen Stift c anstossen, welcher

ihre weitere Bewegung nach rückwärts hindert. Die Säule a ist dreieckig, in ihre hintere Seite ist die gezähnte Stange des Triebes e eingelassen. Die Mikroskopröhre f kann in der Mitte auseinander geschraubt werden, um an dieser Stelle ein rechtwinkliges Prisma (wie bei dem *Amici*'schen Mikroskope Tab. IV. fig. 6) einzusetzen. Oben ist in die Röhre ein röhrenförmiger Ansatz h eingeschraubt, in welchen die in eine cylindrische Röhre i gefassten Oculare eingesteckt werden. Wenn dem Objecttische eine feine Bewegung ertheilt ist, so ist derselbe an einer auf der Säule verschiebbaren Hülse k befestigt. An dieser findet sich ein seitlicher Fortsatz (Tab. III. fig. 2. h.), welcher eine cylindrische Oeffnung besitzt, durch welche die Mikrometerschraube c c lauft. Diese Schraube lauft mit ihrem untern Ende durch einen zweiten, an der Säule befestigten Fortsatz d, gegen welchen sich eine Spiralfeder f stemmt, deren anderes Ende auf dem vorspringenden Kopfe der Mikrometerschraube aufsitzt, und welche die Mikrometerschraube abwärts zu drücken strebt. Das obere Ende der Mikrometerschraube läuft durch ein auf das Ende der Säule aufgeschraubtes Stahlplättchen b, auf welchem sich die Schraubenmutter g aufstützt. Beim Anziehen der Schraubenmutter wird die Mikrometerschraube in die Höhe gehoben, beim Nachlassen der ersteren dagegen durch die Feder f abwärts gezogen. Die Verbindung der Mikrometerschraube mit dem Objecttische wird durch eine gabelförmige Klammer e vermittelt, durch deren Arme die Mikrometerschraube durchlauft, und deren Stellschraube sich auf den an der Hülse k befindlichen Fortsatz aufstemmt. Bei dem Anziehen dieser Stellschraube wird durch Vermittlung der Klammer die Mikrometerschraube auf die äussere Seitenwandung der in dem Fortsatze h befindlichen Oeffnung angedrückt, und es muss nun die Hülse k und der an ihr befestigte Objecttisch den Bewegungen der Mikrometerschraube folgen. Die Beschreibung des Objecttisches wird bei den Nebenapparaten folgen. Der Concavspiegel d ist auf dem mittleren Fusse befestigt, und sowohl um

seine senkrechte, als um seine horizontale Achse drehbar. Wenn das Mikroskop in beliebiger Richtung schief oder horizontal soll gestellt werden können, so befestigt *Plössl* die dreieckige Säule a nicht unmittelbar am Fusse, sondern auf analoge Weise, wie bei dem auf Tab. II. fig. 8 abgebildeten Mikroskope vermittelst eines Charnieres auf einer kürzeren, mit dem Fusse in Verbindung stehenden Säule.

Eine ganz analoge Einrichtung hat das Stativ der *Schiek*'schen Mikroskope.

Zweckmässig an diesem Stative ist die grosse Einfachheit und die Einrichtung des Fusses. Dagegen finde ich aus den oben angeführten Gründen die Beweglichkeit des Objecttisches verwerflich; sie ist überdies völlig unnöthig, indem sie durch meinen auf Tab. II. fig. 18 abgebildeten Objecttisch vollkommen ersetzt wird. Unbequem ist die bedeutende Höhe des ganzen Instrumentes, welche daraus hervorgeht, dass die Zeichnung dasselbe in der Hälfte seiner wahren Grösse darstellt und dass die (nur theilweise gezeichnete) Röhre mit dem Oculare 9½ par. Zoll Länge hat.

Stativ von *Amici*. Die auf einem dreiarmigen Fusse stehende Säule (Tab. IV. fig. 5. a. fig. 8. a.) ist viereckig. Die zu dem Triebe g gehörige gezähnte Stange ist in die vordere Seite der Säule eingelassen. Am obern Ende der Säule ist ein starker horizontaler Arm k aufgeschraubt, in dessen vorderes Ende die Mikroskopröhre mittelst einer Bajonetverbindung eingesetzt ist. Zu diesem Behufe findet sich an dem untern Ende der Mikroskopröhre ein conischer Ansatz, welcher in eine entsprechende Oeffnung des Armes k passt. Auf die untere Seite des conischen Ansatzes ist ein kreisförmiges Messingplättchen (fig. 5. l. fig. 7. l.) aufgeschraubt, welches zwei einander gegenüberstehende lappenförmige Anhänge besitzt. Diese gleiten beim Einsetzen der Mikroskopröhre in den Arm k durch zwei rinnenförmige Vertiefungen (fig. 7. l'), welche in die Seitenwandungen der conischen Oeffnung des Armes k eingefeilt sind, durch und greifen, wenn nach dem Einsetzen der Röhre dieselbe um ihre Achse gedreht wird,

über den Rand der Oeffnung des Armes k (fig. 7) über, und halten dadurch die Röhre in ihrer Lage fest. Die Mikroskopröhre kann in der Mitte auseinander geschraubt werden, um zwischen ihre beiden Theile m und n ein rechtwinkliches Prisma (fig. 6. s.) einzusetzen. In die Ocularröhre o ist das Collectivglas q eingeschraubt; in ihr ist die Röhre p, welche die Ocularlinse r enthält, verschiebbar. An der Mikroskopsäule a ist die Hülse (fig. 5. a' fig. 16. a') durch den Trieb g verschiebbar. Auf der hintern Seite der Hülse ist die Platte b (fig. 5. 8. 16.) unbeweglich aufgeschraubt. An dem untern Ende dieser Platte springt nach hinten zu die Schraubenmutter (fig. 5. h. fig. 8. h) der Mikrometerschraube i vor. Auf der hintern Seite der Platte b befindet sich eine zweite Platte (fig. 5. c. fig. 8. c. fig. 16. c.), welche auf- und abwärts durch die Mikrometerschraube verschoben werden kann. Diese Platte c ist an ihrem untern Ende zur Aufnahme der Mikrometerschraube und ihrer Mutter (fig. 8. h.) gabelförmig ausgeschnitten und besitzt in ihrem mittleren Theile einen langen Ausschnitt, dessen seitliche Ränder schwalbenschwanzförmig schief abgeschnitten sind (fig. 8. c' c'. fig. 16. c). In diesen Ausschnitt passt ein entsprechend geformtes, kürzeres, ebenfalls mit schiefen Seitenflächen versehenes Metallstück (fig. 5. d. fig. 8. d. fig. 16. d.), welches mittelst zweier Zug- und einer Druckschraube auf der Platte b befestigt ist, und welches für die Verschiebung der Platte c die Leitung abgibt. An die Seitenflächen der Platte c sind an ihrem obern Ende zwei Metallplättchen (fig. 5. e. fig. 8. e.) aufgeschraubt, welche den Objecttisch f tragen. Der Beleuchtungsapparat besteht aus zwei Theilen, welche eine von einander unabhängige Bewegung haben. Der erste Theil besteht in einem Planspiegel, welcher an einem zweimahl knieförmig gebogenen, in den Biegungen in Zapfen drehbaren Arme (dessen Construction aus der Zeichnung fig. 5 am besten erhellen wird), befestigt ist und dadurch eine starke seitliche Stellung zulässt. Der zweite Theil wird von einer planconvexen Beleuchtungslinse (fig. 5. u.) ge-

bildet, deren Fassung (fig. 5. t. fig. 17. t.) mittelst einer federnden Hülse (fig. 5. w.) an einem am Objecttische befindlichen Stäbchen auf- und abwärts verschoben und zur Seite gedreht werden kann. Auf der obern Seite der Fassung dieser Linse befindet sich eine Blendung (fig. 5. v. fig. 17. v.), welche, wenn volles Licht gegeben werden soll, zur Seite gedreht wird und sich, wenn sie über die Linse geschoben wird, mit einem kleinen Ausschnitte (fig. 17. *) an den Schraubenkopf ** anlegt.

Zu rühmen ist an diesem Stative die Compendiosität (die Zeichnung ist in der Hälfte der wahren Grösse entworfen), die Beweglichkeit des Spiegels, die Anbringung der Beleuchtungslinse, die Drehbarkeit der Mikroskopröhre um ihre eigene Achse. Zu tadeln ist dagegen nach meiner Ansicht, dass der Objecttisch und nicht die Röhre beweglich ist; dagegen ist zuzugeben, dass die Art, wie die grobe und die feine Bewegung am Objecttische combinirt sind beim Gebrauche des Instrumentes sehr bequem ist. Die Ausführung dieser ganzen Einrichtung ist sehr sorgfältig, dessenungeachtet hat sie viel zu wenig Stabilität, um mittelst eines auf dem Objecttische angebrachten Schraubenmikrometers eine nur irgend brauchbare Messung vornehmen zu können.

Grosses Mikroskop von *Oberhäuser*. Der Fuss (Tab. III. fig. 8. a. a.) besteht aus einer schweren, mit Blei ausgegossenen Trommel, auf welche eine cylindrische, vorn von einer grossen viereckigen Oeffnung durchbrochene Röhre (b. b.) aufgeschraubt ist. Der sehr grosse Objecttisch (c. c) ist um seine Achse drehbar, indem die mit demselben verbundene Scheibe r in einer runden Oeffnung der obern Wandung der Röhre b. b lauft. In den Objecttisch ist auf seiner obern Seite eine Platte von schwarzem, mattgeschliffenem Glase eingelassen. Derselbe ist vollkommen eben, indem die Federklammern (fig. 10. 11.) nur leicht in Löcher, die sich an seinem Rande befinden, eingesteckt werden und augenblicklich zu entfernen sind. Auf einem seitlichen Vorsprunge des Objecttisches ist die Säule d festgeschraubt. Dieselbe ist cylindrisch und über derselben ist die genau eingeschliffene Hülse e verschiebbar. Diese Hülse wird durch eine starke Spiral-

feder, welche in der Höhlung der Säule d enthalten ist und sich gegen den Kopf k der Hülse stemmt, in die Höhe gedrückt. In diesem Kopfe k ist die Mikrometerschraube i befestigt, deren anderes Ende auf der untern Seite des Objecttisches vorsteht. Durch Anziehen der Mutter l wird die Mikrometerschraube und mit ihr die Hülse e und damit das ganze Mikroskop abwärts gezogen; beim Zurückdrehen der Schraubenmutter werden diese Theile durch die Spiralfeder wieder in die Höhe gehoben. Den Bewegungen der Schraubenmutter ist dadurch eine Grenze gesetzt, dass in ihrem Innern eine Höhlung ist, in welche das Ende der Mikrometerschraube hineinragt, auf welches Ende eine kleine Scheibe m aufgeschraubt ist, welche verhindert, dass die Mutter von der Mikrometerschraube abgeschraubt werden kann, und umgekehrt dadurch, dass sie auf den Boden der Höhlung aufstösst, das zu tiefe Abwärtsschrauben der Mikrometerschraube hindert. Die Drehung der Hülse e in horizontaler Richtung um die Säule d ist dadurch verhindert, dass ein Theil der letzteren (h) ausgeschnitten und durch die Schrauben g. g an die Hülse befestigt ist, somit als Schieber wirkt, und nur eine Bewegung in senkrechter Richtung zulässt (vergl. fig. 9, welche diesen Theil im Querschnitte darstellt). An der Hülse e ist durch den Arm f die vorn aufgeschnittene und daher federnde Hülse n befestigt, in welcher sich die Mikroskopröhre o verschieben lässt.

Der Beleuchtungsapparat besteht aus folgenden Theilen. Dem Ausschnitte der Röhre b. b gegenüber steht der nur um seine horizontale Achse durch den Kopf u drehbare Spiegel. In der Spiegelfassung befindet sich auf der einen Seite ein Concav-, auf der andern ein Planspiegel.

In die Oeffnung des Objecttisches ist eine cylindrische, genau ausgeschliffene Röhre p eingesetzt, in welcher sich eine zweite Röhre q in genau senkrechter Richtung auf- und abschieben lässt und welche dazu bestimmt ist, Blendungen (Tab. III. fig. 5.) von verschiedener Weite, oder einen *Dujardin*'schen

Beleuchtungsapparat (fig. 6.) aufzunehmen. Diese Röhre q endigt sich nach unten in einen horizontalen vorstehenden Rand, welcher zwischen die zwei Platten einer ringförmigen, in der Mitte durchbrochenen Capsel (fig. 8. s. fig. 4. s. s.) aufgenommen ist und zwischen denselben einen gewissen Spielraum zur Bewegung in horizontaler Richtung findet. Diese ringförmige Capsel ist zwischen zwei Spitzen (Tab. III. fig. 4. w. w.) nach Art eines Compasses in einem Ringe, welcher die Mitte eines Hebels (fig. 4. t. fig. 8. t.) bildet, aufgehängt. Das eine Ende des Hebels ist (fig. 8. v.) auf der einen Seite der Röhre b. b befestigt, das andere Ende ragt aus einer Spalte auf der entgegengesetzten Seite hervor und wird in der Stellung, die man ihm gibt, durch eine am Rande der Spalte sich reibende Feder (fig. 4. t') gehalten. Durch Hebung und Senkung dieses Hebels wird die Büchse s, welche um ihre Aufhängepunkte in horizontaler Richtung drehbar ist, und sich desshalb immer in horizontaler Richtung halten kann, auf- und abwärts bewegt; dieser Büchse muss die Röhre q und die in ihr eingesetzte Blendung folgen, und es muss diese Röhre wegen der Leitung, die sie in der Röhre p erhält, und bei der Beweglichkeit, welche ihr vorspringender Rand in horizontaler Richtung in der Büchse s besitzt, in senkrechter Richtung auf- und abwärts steigen, ungeachtet die Büchse s durch den Hebel in einem Kreisbogen bewegt wird.

Dieses Mikroskopstativ gehört zu den vollkommensten, die es gibt. Für ein Reisemikroskop ist es etwas schwer, desto besser passt es dagegen für ein Standmikroskop, indem der schwere Fuss es eigentlich unmöglich macht, dass dasselbe durch Zufall umgeworfen wird. Der Objecttisch ist bei seiner bedeutenden Grösse (die Zeichnung ist in der Hälfte der wahren Grösse entworfen), und da er mit schwarzem Glase bedeckt ist, vortrefflich; die Möglichkeit, denselben um seine Achse zu drehen, ist in manchen Fällen sehr bequem. *Oberhäuser* gibt zwar seinen Mikroskopen keinen Schraubenmikrometer bei, allein es wäre ein solcher, ungeachtet dieser Bewegung des Objecttisches, wohl anzubringen, indem das Mikroskop gegen den Objecttisch unveränderlich fest steht und sich mit ihm bewegt. Die Bewegung der Blendungen und des *Dujardin*'schen

Beleuchtungsapparates durch die Hebelvorrichtung ist sanft und bequem, und lässt jede Modification des Lichtes zu.

Die angegebenen Eigenschaften begründen sehr wesentliche Vorzüge dieses Statives. Dagegen ist es von Mängeln, meiner Ansicht nach, nicht frei. Dahin rechne ich, dass weder der Spiegel, noch der übrige Theil des Beleuchtungsapparates seitwärts verstellbar ist, was unmöglich macht, das Licht in schiefer Richtung ins Mikroskop zu werfen. Zweitens finde ich es unbequem, dass die Blendungen von oben her durch die Oeffnung des Objecttisches in die Röhre q eingesetzt werden; man muss desshalb, wenn die Blendung mit einer engeren oder weiteren verwechselt werden soll, das Object entfernen, was das Wiederauffinden eines bestimmten Theiles desselben erschwert und oft unmöglich macht. Ich halte dieses für einen sehr wesentlichen Nachtheil und würde entweder die mechanische Einrichtung so modificiren, dass die Blendungen unterhalb des Objecttisches eingesetzt werden können, oder ich würde diese beweglichen Blendungen verlassen und zu der früher von *Oberhäuser* gewählten Einrichtung zurückkehren, nach welcher er an einer über die Scheibe r von unten her an die Decke der Röhre b b aufgeschraubten Capsel eine drehbare Scheibe anbrachte, welche mit einem Theile ihres Umfanges durch eine horizontale Spalte der Röhre b b hervorsah. *Oberhäuser* fehlte nur darin, dass er zu wenige Oeffnungen (nämlich drei) in dieser Scheibe anbrachte. Dass die Mikroskopröhre in der Hülse n verschiebbar ist und nicht durch einen Trieb (welcher übrigens leicht anzubringen wäre), bewegt wird, finde ich ebenfalls aus den oben bemerkten Gründen nicht passend.

Kleines Mikroskop von *Oberhäuser*. Der Fuss (Tab. VI. fig. 5. a.), die Röhre b und die Anbringung des Spiegels l weichen, abgesehen von den Dimensionen, nicht sehr wesentlich vom vorhergehenden Instrumente ab. Dagegen ist der Objecttisch wesentlich anders gebaut. Derselbe (Tab. VI. fig. 5. d. fig. 10. d.) hat nämlich die Form eines Parallelogramms, ist nicht horizontal drehbar, besitzt aber eine feine Bewegung aufwärts und abwärts. Auf der Röhre b befindet sich eine Platte c unbeweglich befestigt; auf der untern Seite dieser Platte findet sich auf der einen Seite eine Röhre (h), die sich nach unten in einen horizontalen Vorsprung endigt. In dieser Röhre schiebt sich eine genau einge-

schliffene zweite Röhre g, welche mit dem Objecttische verbunden ist und den Träger desselben bildet, auf und ab. Diese Röhre g wird durch eine Mikrometerschraube bewegt, deren Mutter sie bildet und welche mit einem vorspringenden Rande sich auf die horizontale Ausbreitung der Röhre h aufstemmt, so dass durch dieselbe die Röhre g herabgezogen werden kann. Diese Mikrometerschraube wird dadurch in ihrer Lage erhalten, dass über ihren vorspringenden Rand eine Capsel i auf die Ausbreitung der Röhre h aufgeschraubt ist, wodurch sie in den Stand gesetzt ist, wenn sie links gedreht wird, die Röhre g in die Höhe zu schieben. Die Drehung der Schraube wird durch einen geränderten Kopf k hervorgebracht, welcher an einem durch die Capsel i hervorragenden Fortsatze der Schraube befestigt ist. Dass die Röhre g und mit ihr der Objecttisch d durch die Schraube blos in senkrechter Richtung bewegt, aber nicht in horizontaler Richtung verschoben werden kann, wird durch einen am andern Ende des Objecttisches befindlichen Stift e bewirkt, welcher durch eine Oeffnung der Platte c seine Leitung erhält. Der Bewegung des Objecttisches nach oben ist durch einen zweiten, mit einem Kopfe versehenen Stift f eine bestimmte Grenze gesetzt. Der Beleuchtungsapparat ist sehr einfach; er besteht aus einem Concavspiegel l und einer drehbaren Scheibe m mit drei Oeffnungen. Der obere Theil des Mikroskopes ist an dem bisher beschriebenen durch ein zweimahl knieförmig gebogenes Metallstück (fig. 5. r. fig. 10. r.) befestigt, und besteht aus einer kurzen Röhre n, auf welcher eine federnde Hülse o aufsitzt, in welcher die Röhre sich auf und ab schiebt. Die letztere besteht aus zwei nach Art eines Zugfernrohres sich ineinander schiebenden Stücken p und q.

Bei diesen kleinen Instrumenten ist zwar die Compendiosität sehr zu loben, weshalb sie auf Reisen sehr bequem sind; allein dieser Vortheil ist doch durch eine unvollkommene Art der Beleuchtung und durch eine in vielen Fällen nicht ganz zureichende Grösse des Objecttisches etwas theuer erkauft. Ich habe es daher bei einem Mikroskopstative, welches ich nach diesem Vorbilde anfertigen liess und welches ich vielfach ge-

brauchte, für vortheilhaft gehalten, dem Objecttische eine bedeutendere Grösse zu geben, und die Anzahl der Oeffnungen in der Blendung zu vermehren.

Das Stativ von *Goring*. Dieses unter dem Namen von *Goring's* operative aplanatic engiscope beschriebene Instrument besitzt eine colossale Grösse, wie aus der Abbildung auf Tab. IV. fig. 18 erhellt, welche dasselbe in $^1/_6$ der wahren Grösse darstellt. Der dreiarmige Fuss ist zum Zusammenlegen eingerichtet; damit er unter dem Gewichte des Instrumentes nicht federt, ist unter der Säule eine Schraube f angebracht, welche als vierter Fuss dient. Die Säule besteht aus zwei in einander verschiebbaren Röhren (a und b). Der Kopf der letzteren enthält ein Kugelgelenk, welches durch die mit einem Hebelhandgriffe versehene Schraube b zusammengepresst werden kann. Der an der Kugel dieses Gelenks befindliche Fortsatz c′ trägt das ganze Instrument mittelst einer an demselben befestigten cylindrischen Röhre c, deren unteres Ende sich in einen Fortsatz endigt, welcher in eine Oeffnung im mittleren Fuss aufgenommen ist, wenn die Röhren a und b zusammengeschoben sind. An dieser Säule c sind mittelst gespaltener und durch Schrauben festzuklemmender Hülsen der Spiegel v, und eine Beleuchtungslinse t befestigt; eine dritte Hülse trägt einen Fortsatz u, an welchen der Objecttisch angeschraubt werden kann. Diese Theile können sämmtlich mittelst der Hülsen auf die Seite gedreht oder ganz entfernt werden. Am obern Ende der Säule befindet sich der Objecttisch s, welcher an einen Fortsatz des Stückes c′ aufgesteckt (d′) und durch eine Stellschraube festgestellt ist. In der Säule c ist die mit abgestumpften Kanten versehene *) dreieckige Stange d durch

*) Die englischen Mechaniker ziehen diese Form der vollkommen dreieckigen, wie sie bei uns gewählt wird, meistens vor, weil die letztere bei gleichem Raume, den sie einnimmt, weniger Masse und Festigkeit besitzt.

den Trieb e verschiebbar. Die gezähnte Stange ist in die gegen den Objecttisch gewendete Seite der Stange d versenkt und die letztere erhält ihre Leitung durch zwei mit dreieckigen Oeffnungen versehene Metallplatten, von denen die eine bei e, die andere auf dem obern Ende des Kopfes der Säule c sich befindet. Die Stange d trägt oben ein Rad, in dessen Peripherie m ein Schraubengewinde eingeschnitten ist, in welches eine Schraube ohne Ende l eingreift. Die letztere kann durch den mit einer Stellschraube versehenen Schieber k an das Rad angedrückt und ausgelöst werden. Ueber dem Rade und mit demselben an einem in die Stange d versenkten Zapfen drehbar befindet sich das Triebwerk i, durch dessen Winde h der horizontal liegende dreieckige Arm g bewegt wird. Dieser trägt auf der einen Seite eine Vorrichtung i', um ein einfaches Mikroskop einzusetzen, auf der anderen wird der Körper des zusammengesetzten Mikroskopes aufgeschraubt. Dieser besteht aus zwei in einander verschiebbaren Röhren n und o, auf die obere werden die Oculare p aufgeschraubt, und wenn das Mikroskop ein aufrechtes Bild geben soll, an dem unteren Ende dieser Röhre (bei o') das auf Tab. IV. fig. 1 abgebildete Stück eingesetzt. Nach unten zu endigt sich der Mikroskopkörper in einen cylindrischen Fortsatz, an welchen mittelst der gespaltenen Hülse q die Beleuchtungslinse r zur Beleuchtung opaker Körper befestigt wird. Der Beleuchtungsspiegel v, welcher auf seiner hintern Seite mit Gips überzogen ist, hat eine elliptische Form und ist um seine kurze horizontale Querachse durch den Kopf x drehbar. Diese Achse ist an dem Bogen w befestigt, der an seinem untersten Theile sich um eine senkrechte Achse dreht; auf diese Weise wird bewirkt, dass vom Mikroskope aus gesehen, der Spiegel, wenn er schief gestellt wird, kreisförmig erscheint.

Was die Benützung dieses Stativs anbetrifft, so ist bei senkrechter Stellung des Mikroskopes, wie sie die Zeichnung darstellt, klar, dass die Bewegung des Mikroskopkörpers nach oben

und unten durch den Trieb e geschieht und dass derselbe durch den Trieb h und durch die Schraube ohne Ende l in jeder beliebigen horizontalen Richtung über dem Objecte hin und her geführt werden kann. Will man das Mikroskop in horizontaler Richtung gebrauchen, so werden die Röhren a und b auseinandergezogen, dadurch der Zapfen der Röhre c aus dem mittleren Fusse des Stativs herausgezogen, die Schraube des Kugelgelenkes b nachgelassen und nun durch Drehung der Kugel und des Fortsatzes c′ dem Mikroskope die horizontale Lage ertheilt, und dasselbe durch das Anziehen der Schraube b wieder festgestellt. Die Lage des Mikroskopkörpers muss, wenn man bei dieser Stellung durchsichtige Körper mit Hülfe des Spiegels untersuchen will, parallel mit dem Fenster sein, um mit dem Spiegel volles Licht auffangen zu können; will man das directe Licht des Himmels benützen, so wird der Beleuchtungsapparat an der Stange c zur Seite gedreht, und das Mikroskop, wie ein Fernrohr unter einem Winkel von 45° aufwärts gegen den Himmel gerichtet, was leicht geschehen kann, da das Kugelgelenk ebensowohl die Bewegung nach Art eines Charniers, als auch eine Rotation des Fortsatzes c′ zulässt. Will man Crystallisationen oder andere Substanzen, die in einer Flüssigkeit in einem gläsernen Gefässe liegen, auf die Weise betrachten, dass man durch den Boden des Gefässes aufwärts in die Flüssigkeit sieht, so wird das Mikroskop horizontal gestellt und mittelst der endlosen Schraube und des Triebes h unter die Achse des Objecttisches gesenkt, und der letztere um den Zapfen d′ gedreht, bis er eine horizontale Lage hat. Nun wird an das Mikroskop der diagonale Stiefel Tab. I. fig. 28 angeschraubt, die Oeffnung c desselben aufwärts gegen die Oeffnung des Objecttisches gedreht und das Mikroskop mit Hülfe der Schraube ohne Ende und des Rades m (die nun an die Stelle des Triebes e treten) eingestellt. Endlich kann auch das Mikroskop in schiefer Richtung gegen den Objecttisch gerichtet werden, wenn man dasselbe durch Rotation des

Armes c' schief stellt und dem Objecttische durch Drehung um den Zapfen d' eine horizontale Lage gibt.

Werfen wir einen Blick auf diesen complicirten Mechanismus, so muss das Urtheil über denselben ganz anders ausfallen, wenn man von den Grundsätzen, die ich oben als maasgebend anführte, ausgeht, als wenn man von *Goring's* Grundsatze, dass das Stativ jeder Bewegung fähig sein soll, ausgeht. Gebraucht man das Mikroskop in der von mir als normal angenommenen senkrechten Lage, wie es die Zeichnung darstellt, so fällt vor allem die bedeutende Erhebung des Objecttisches über den Tisch, auf dem das Mikroskop steht, ins Auge, welche nicht weniger als 11 Zoll beträgt, während diese Entfernung bei ebenso vollkommener Beleuchtung bei dem *Amici*'schen Mikroskope auf 5 Zoll reducirt ist und bei einem grossen *Oberhäuser*'schen Instrument bei freilich weniger vollendetem Beleuchtungsapparate nur 3″ 2‴ beträgt. Diese Höhe ist sehr unbequem. Bei dieser Stellung des Mikroskops ist ferner die Anbringung der Schraube ohne Ende und die horizontale Verstellbarkeit des Armes g nicht blos vollkommen überflüssig, sondern positiv schädlich, weil diese Vorrichtung bei vielfachem Gebrauche sich ausnützen und schlottrig werden muss. Ungeachtet der ganzen complicirten Einrichtung, welche zwei Triebe, ein Kugelgelenk und eine Rotation durch eine Schraube ohne Ende nöthig macht, fehlt eine Hauptsache, die feine Einstellung, völlig. Dazu kommt noch, dass der Objecttisch auf eine nichts weniger, als solide Weise festgestellt ist. An einen solchen Objecttisch würde ich niemals einen Schraubenmikrometer befestigen. Zur Beobachtung bei senkrechter Lage des Mikroskops gehört dieses Stativ unbedingt zu den sehr mangelhaften. Seine Vorzüge liegen daher in der Möglichkeit, dem Mikroskope jede beliebige andere Stellung geben zu können, und ich bin auch weit entfernt zu läugnen, dass es zu diesem Zwecke ganz gut construirt ist. Die complicirte Einrichtung, welche zur Erreichung dieses Zweckes verwendet wurde, scheint mir aber nicht nöthig zu sein, insoferne mir die oben angeführte *Plössl*'sche Einrichtung zu diesem Zwecke vollkommen zu genügen scheint, vorausgesetzt dass man den Spiegel auf die von *Amici* gewählte Weise an der Säule des Mikroskopes befestigen würde. Da ich jedoch der Ansicht bin, dass die von der senkrechten abweichende Stellung nur in selteneren Fällen von wirklichem Nutzen und mit Solidität des Ganzen kaum vereinbar ist, so halte ich es nicht für passend, dieselbe bei dem Mikroskope, mit welchem man gewöhnlich beobachtet, anzubringen, sondern würde

den Rath geben, sich ein für den speciellen Zweck, den man verfolgt, besonders construirtes Stativ verfertigen zu lassen. Die zwei einzigen Stellungen, welche man dem gewöhnlichen Mikroskope nicht geben kann, und welche das von *Goring* angegebene zulässt, sind 1) die schiefe Stellung der Mikroskopröhre gegen den Objecttisch, 2) die Stellung des mit einem diagonalen Stiefel versehenen Mikroskops unter den Objecttisch. Von der ersteren Stellung zu sprechen, ist kaum der Mühe werth, denn die Fälle, in welchen man irgend einen Nutzen aus derselben ziehen kann, sind äusserst selten, und in den meisten Fällen lässt sich die schiefe Stellung der Mikroskopröhre dadurch ersetzen, dass man unter das Glas, auf welchem das Object liegt, auf der einen Seite einen Körper unterlegt, so dass es unter dem senkrechten Mikroskope schief zu liegen kommt, oder dass man das Object an einer federnden Zange (Tab. I. fig. 29) befestigt, mit der es in jede beliebige Lage gebracht werden kann. Die Sache ist aber, wie gesagt, nicht der Rede werth. Als wichtiger kann die Stellung des Objectives unter dem Glase, auf dem das Object sich befindet, betrachtet werden, indem diese Stellung nicht nur, was *Goring* anführt, die Beobachtung von Crystallisationen erleichtert, (denn dieser Gegenstand ist zu unbedeutend, um einen besondern Bau des Mikroskops zu rechtfertigen und verlangt auch einen solchen nicht im mindesten), sondern das Objectiv vor den Dämpfen von flüchtigen Säuren schützt, das Kochen von Flüssigkeiten während der Beobachtung erlaubt u. drgl. Der Schutz des Objectivs gegen Säuren kann auch beim gewöhnlichen Mikroskop durch einen Stiefel gewährt werden, das Kochen kann dagegen nur vorgenommen werden, wenn das Mikroskop unter dem Objectträger steht. Desshalb aber den Bau des Mikroskops zu ändern, scheint mir höchst unnöthig zu sein; die wenigen Naturforscher, welche solche Operationen vorzunehmen haben, werden besser thun, sich eine besondere, zu diesem Zwecke vollkommen geeignete Vorrichtung machen zu lassen, als am Mikroskope eine zu diesem Zwecke doch nicht vollkommen genügende Einrichtung anzubringen. Verschiedene Untersuchungen erfordern einmahl verschiedene Mittel und der Versuch, das Mikroskop so einzurichten, dass es nicht blos als anatomischer Apparat, sondern zugleich auch als chemische Kocheinrichtung dienen kann, scheint mir ebenso vernünftig zu sein, als wenn ein Astronom seinen Cometensucher als Theaterperspectiv benützen wollte.

***Chevalier's* Universalmikroskop.** (Nach *Chevalier*, des microsc. Tab. IV.) Dieselben Zwecke, wie *Goring*, suchte *Chevalier*

bei der Einrichtung seines Mikroskopstatives zu erreichen. Die Säule des Mikroskops (Tab. 5. fig. 4. c. c.) wird auf den Kasten festgeschraubt. Sie endigt sich nach oben in ein Charniergelenk e, durch welches mit ihr unter rechtem Winkel ein Metallstück e′ verbunden ist, an welches nach unten eine zweite Säule f angeschraubt ist, deren unteres Ende mit der Hauptsäule c durch eine abzuschraubende Klammer g in Verbindung steht. Diese Säule f trägt den Beleuchtungsapparat und den Objecttisch. Der Beleuchtungsapparat besteht aus einem durch einen Trieb n beweglichen, an einem horizontalen um seine Achse drehbaren Arme befestigten Concavspiegel h, auf dessen Rückenfläche ein Planspiegel i befestigt ist. Der Objecttisch z besitzt eine grobe Bewegung durch den Trieb m, und eine feine durch die Mikrometerschraube q; unter demselben befindet sich als Blendung eine drehbare Scheibe v und eine Beleuchtungslinse p.

Die Mikroskopröhre ist mit dem Metallstücke e′ durch ein Charniergelenk c′ mittelst eines zweiten Metallstückes a (welches mittelst Drehung um einen in der Zeichnung nicht ausgedrückten Zapfen auch eine Bewegung der Röhre in horizontaler Richtung zulässt) verbunden und besteht aus zwei durch einen Trieb u in einander verschiebbaren Röhren r und t.

Die verschiedenen Lagen, welche dem Mikroskope gegeben werden können, sind folgende.

Um das Mikroskop in horizontaler Lage bei der Beleuchtung mittelst reflectirten Lichtes zu gebrauchen, wie dasselbe fig. 4 darstellt, wird die Säule f in Verbindung mit der Säule c und das Metallstück e′ in horizontaler Lage gelassen, die Mikroskopröhre in dem Charnier c′ rückwärts umgelegt und zwischen der Röhre t und dem Ocular s ein grosser Schirm von schwarzer Pappe z angebracht, um fremdes Licht vom Auge abzuhalten. An das untere Ende der Mikroskopröhre wird ein cylindrisches Stück w angesetzt, in welchem ein rechtwinkliges Prisma durch die

Schrauben b befestigt ist, und welches unter rechtem Winkel die Röhre x trägt, an welcher die Objective y befestigt werden.

Soll das Mikroskop in senkrechter Richtung bei Beleuchtung mittelst reflectirten Lichtes benützt werden (Tab. V. fig. 1), so wird die Röhre in dem Charniere c' aufwärts geschlagen, das Prisma mit dem Ansatze w x abgenommen und es werden die Objective unmittelbar an die Mikroskopröhre befestigt.

Soll das Mikroskop in horizontaler Richtung bei Beleuchtung mittelst künstlichen durchgehenden Lichtes angewendet werden, so wird, wie Tab. V. fig. 2 darstellt, das Metallstück e' in gerade Richtung mit der Säule c gestellt, wodurch die Säule f (deren Verbindung bei g mit der Säule c vorher gelösst worden sein muss) in horizontale Richtung zu liegen kommt. Die Mikroskopröhre wird horizontal gestellt, der Beleuchtungsspiegel entfernt und statt desselben eine Röhre s' s'', welche convexe Linsen enthält und vor welche eine brennende Lampe gestellt wird, an der Säule f befestigt.

Sollen endlich chemische Operationen, Kochungen etc., welche von unten her betrachtet werden sollen, vorgenommen werden, so wird, wie fig. 3 und 5 zeigen, die Mikroskopröhre horizontal gestellt, der Ansatz, welcher das Prisma enthält, so gedreht, dass die Objective aufwärts sehen, es wird über die Röhre x, an welcher die Objective befestigt sind, ein Ring d geschoben, welcher eine senkrechte Stange f' trägt, an welcher in der Ordnung von oben nach unten ein an einer Hülse verschiebbarer Spiegel g, eine ebenfalls an einer Hülse befestigte drehbare, als Blendung dienende Scheibe h und ein durch einen Trieb k verstellbarer Objecttisch i befestigt sind. Auf letzteren werden die Glasgefässe (fig. 3. o), in welchen die chemischen Operationen vorgenommen werden sollen, gestellt. Soll in denselben gekocht werden, so wird (fig. 3) auf dem Objecttische eine Metallplatte befestigt, welche an beiden Enden an zwei

kleinen Stangen l l mittelst federnder Hülsen n befestigte kleine Lampen m m trägt.

Gegen dieses Stativ möchte so ziemlich dasselbe einzuwenden sein, was gegen das *Goring*'sche spricht. Es leidet an zu grosser Complication, durch welche kein erheblicher Nutzen erzielt wird. Unzweckmässig finde ich ausserdem die Anbringung von zwei Charniergelenken, welche, namentlich bei der Stellung der Theile, wie sie fig. 2 darstellt, einen festen, ruhigen Stand des Ganzen unmöglich machen. Vollkommen überflüssig und unpassend ist die Anbringung einer Drehungsachse an dem Metallstücke a. Es ist bei diesem Stative so ziemlich alles geschehen, was geschehen konnte, um ihm die zum bequemen Gebrauche passende Einfachheit und zu sicherer Benützung dienende Solidität zu rauben.

Würde mich Jemand fragen, welche Einrichtung ich einem Mikroskopstative geben würde, so wäre meine Antwort diese. Ich würde als Fuss die *Oberhäuser*'sche Trommel benützen, auf dieser eine starke Säule befestigen, an deren unterem Ende nach der Weise von *Amici* der Beleuchtungsspiegel, und an deren oberem Ende mein auf Tab. II. fig. 17, 18 abgebildeter Objecttisch unbeweglich befestigt wäre. Auf der unteren Seite des letzteren würde ich die *Amici*'sche Beleuchtungslinse anbringen. In der Säule würde ich durch einen Trieb eine Stange verschieben, deren oberes Ende einen starken horizontalen Querarm tragen würde, in welchen mittelst der *Amici*'schen Bajonetverbindung die Mikroskopröhre eingesetzt würde. Wollte man bei gewissen Beobachtungen die drehbare Scheibe durch den *Dujardin*'schen Beleuchtungsapparat oder durch die *Oberhäuser*-schen beweglichen Blendungen ersetzen, so könnte dieses ohne Berührung des Objectes dadurch geschehen, dass der Schieber e, an welchem die Scheibe befestigt ist, entfernt und durch analoge Schieber, an welchen die genannten Apparate befestigt wären, ersetzt würde.

3. Die Nebenapparate des Mikroskops.

Den meisten Mikroskopen ist eine grössere oder kleinere Anzahl von Nebenapparaten beigegeben, welche zur Erfüllung von sehr verschiedenen Zwecken dienen und kaum unter gemeinschaftliche Uebersichten zusammengefasst werden können. Mit Ausnahme der zur Grössenbestimmung und zur Erleichterung des Zeichnens dienenden Apparate, welche eine allgemeine Anwendung finden und daher bei keinem Mikroskope fehlen sollten und von denen wegen ihrer Wichtigkeit in besonderen Capiteln gehandelt werden wird, sind alle diese Apparate entweder überflüssig, oder dienen zu so speciellen Zwecken, dass es vollkommener Luxus wäre, sie den gewöhnlichen Mikroskopen beizugeben. Da jedoch der Leser einen oder den andern dieser Apparate für seine Zwecke bequem finden kann, so wird eine kurze Aufzählung der wichtigeren derselben wohl am rechten Platze sein; Vollständigkeit beabsichtige ich jedoch in dieser Beziehung keineswegs, einentheils weil es der Mühe nicht werth ist, jede kleine Modification aufzuführen, anderntheils weil die specielle Verwendung des Mikroskops zu verschiedenen Zwecken eine endlose Modification solcher Apparate mit sich führt und Jeder, der sich des Mikroskops zu einem bestimmten Zwecke bedient, sich auch seine Hülfsapparate seinem individuellen Zwecke gemäss am besten wird einrichten können.

a) Der bewegliche Objecttisch. Sehr häufig werden am Objecttische Vorrichtungen angebracht, um auf demselben die Platte, auf welcher die Objecte aufliegen, nach allen Seiten hin sanft verschieben zu können. Wer eine sichere Hand hat, kann diese Vorrichtungen nicht nur leicht entbehren, sondern er wird ihren Gebrauch zu umständlich finden und das Object lieber mit den Fingern bewegen. Die einzige Schwierigkeit, welche der Anfänger beim Gebrauche des zusammengesetzten Mikroskopes in dieser Beziehung findet, liegt darin, dass das-

selbe ein umgekehrtes Bild gibt, wesshalb man jede Bewegung in scheinbar verkehrter Richtung vornehmen muss. Hieran gewöhnt man sich jedoch in kurzer Zeit so vollkommen, dass man sich dieser Umkehrung des Bildes gar nicht mehr bewusst ist.

Die Vorrichtungen, mittelst deren man die Bewegung des Objectes erleichtert, bestehen darin, dass durch zwei unter einem rechten Winkel gegen einander wirkende Schrauben oder Triebe einer, den Objecttisch bedeckenden, durchlöcherten Platte eine sanfte seitliche Bewegung ertheilt wird, wobei man natürlicherweise, je nachdem man die eine oder die andere Schraube, oder beide zugleich wirken lässt, die Platte in jeder beliebigen Richtung verschieben kann. Diese Vorrichtungen lassen sich auf sehr verschiedene Weise ausführen.

Gewöhnlich bringt man auf dem Objecttische zwei übereinanderliegende, in schwalbenschwanzähnlichen Leisten verschiebbare Platten an, von welchen die untere ihre Bewegung durch eine am Objecttische, die obere durch eine an der untern Platte befestigte Schraube erhält. Die Köpfe dieser unter einem rechten Winkel gegen einander wirkenden Schrauben lässt man an der hintern Seite des Objecttisches rechts und links von der Mikroskopsäule vorstehen.

Diese Einrichtung besitzt der auf Tab. III. fig. 1. in der Ansicht von der Seite, fig. 3. in der Ansicht von oben in halber Grösse dargestellte Objecttisch eines *Plössl*'schen Mikroskops. k′ k′ bezeichnet die untere, mit der Hülse k in Verbindung stehende Platte desselben (den Objecttisch selbst), l die an demselben befestigte, zur Verschiebung der mittleren Platte dienende Schraube, l′ l′ die Leisten, zwischen welchen sich diese mittlere Platte verschiebt, m m die an der mittleren Platte angeschraubten Leisten, zwischen welchen die obere Platte o o durch die an der mittleren Platte befestigte Schraube n verschoben wird; p eine auf dem Objecttische befindliche Federklammer, deren Feder

auf dieselbe Weise, wie auf fig. 1. Tab. II. angebracht, aber in der Zeichnung weggelassen wurde.

Will man dem Objecttische nicht die in der Zeichnung dargestellte Form geben, sondern statt der Ecken die Seiten des viereckigen Tisches nach vorn und hinten und rechts und links stellen, so kann dieses leicht geschehen, wenn man die Platten sich nicht zwischen Leisten verschieben lässt, sondern die Leitung der Bewegung durch schwalbenschwanzähnliche, mit der Richtung der Schrauben parallel laufende, in der untern und mittlern Platte angebrachte Spalten bewirkt, in welche entsprechende an die mittlere und obere Platte angeschraubte schieberförmige Vorsprünge eingreifen.

Die beschriebene Einrichtung leidet an der Unbequemlichkeit, dass man, um dem Objecte die gewünschte Lage zu geben, zur Drehung der beiden Schraubenköpfe beide Hände nöthig hat. Bequemer ist es daher, wenn nach dem Vorgange von *Tyrrel* die beiden Schraubenköpfe auf der rechten Seite des Objecttisches an derselben Achse befestigt sind, so dass sie beide mit einer Hand bewegt werden können. In diesem Falle bewegt der eine Kopf durch eine Schraube die untere verschiebbare Platte von rechts nach links, und der zweite äussere Kopf, der an einer dünnen, die vorhin genannte Schraube durchbohrenden Achse befestigt ist, bewegt durch einen in die obere Platte eingreifenden Trieb dieselbe vor- und rückwärts.

Oberhäuser's beweglicher Objecttisch hat nur eine einzige bewegliche Platte, gegen welche sich zwei unter rechten Winkeln gegeneinander durch Schrauben bewegliche Schieber stemmen und die Platte vorwärts treiben. Beim Zurückdrehen der Schrauben wird die Platte durch eine Feder zurückbewegt.

Auf eine weit einfachere, jedoch auch weniger vollkommene Weise bewirkte *Pritchard* die Bewegung der zwei Platten (micr. cabinet. 240). An der linken Seite des Objecttisches ist nämlich die untere zu bewegende Platte durch einen Zapfen, um den sie

sich in der Richtung von vorn nach hinten drehen lässt, befestigt, und auf dieser Platte befindet sich eine zweite, welche durch eine auf der rechten Seite vorstehende Schraube in der Richtung von rechts nach links verschiebbar ist. Indem man nun diese Schraube als Hebel benützt, kann man die obere und mittlere Platte in der einen Richtung um den Zapfen in einer bogenförmigen Bewegung drehen und zugleich durch Drehung der Schraube die obere auf der mittlern Platte verschieben.

Weit bequemer als diese Vorrichtungen, welche eine seitliche Bewegung hervorbringen, wäre die Anbringung einer mit der Oeffnung des Objecttisches sich concentrisch drehenden Scheibe, um ein Object, welches im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes liegt, um die Achse des Mikroskopes drehen zu können, indem bei der Drehung der das Object tragenden Glasplatte mittelst der Finger das Object leicht aus dem Gesichtsfelde hinausgeschoben wird. Bei den grossen *Oberhäuser*'schen Mikroskopen kann diese Drehung vorgenommen werden, indem bei diesen der ganze Objecttisch mit dem an ihm befestigten Mikroskope um die Achse des Mikroskopes drehbar ist.

b) Der Sicherheitsschieberhalter (Tab. I. fig. 31. 32). Dieser besteht aus zwei in der Mitte durchlöcherten, durch vier Säulen auseinander gehaltenen Platten (a. b), zwischen welchen eine dritte Platte (c), welche durch die Säulen ihre Führung bekommt, verschoben werden kann, und durch eine Spiralfeder gegen die obere Platte angedrückt wird. Die Feder hat den Zweck, nachzugeben, wenn aus Unachtsamkeit das Objectiv zu weit abwärts geschraubt wird, und auf das oberhalb der beweglichen Platte zwischen zwei Gläsern eingeschlossene Object trifft. Findet keine solche Nachgiebigkeit statt, so kann allerdings das Deckglas zersprengt, das Object verdorben oder gar das Objectiv zerbrochen werden; allein nöthig ist die ganze Vorrichtung nicht. Einmahl kann man sich durch Aufmerksamkeit gegen einen solchen Zufall schützen, und anderntheils können, wie dieses von

Oberhäuser geschieht (Tab. IV. fig. 4) und allgemein so geschehen sollte, die Fassungen der Objective mit einem vorstehenden Rande versehen werden, durch welche wenigstens jede Beschädigung des Objectives durch Aufschrauben desselben auf eine Glasplatte unmöglich gemacht wird. Sind die Fassungen nicht auf diese Weise eingerichtet, so ist es allerdings bedenklich, sein Mikroskop ungeschickten Leuten anzuvertrauen.

c) Der federnde Flaschenhalter, um Wasserthiere, Wasserpflanzen u. s. w. unter Wasser zu beobachten, hat vollkommen die Einrichtung des Schieberhalters; nur sind die obere und die mittlere Platte in der Art cylindrisch gebogen, dass eine Glasröhre von ihnen festgehalten werden kann. Die Anwendung desselben erfordert eine horizontale Stellung des Mikroskopes. Diese Vorrichtung ist sehr unvollkommen, indem die cylindrische Form der Glasröhre eine Verzerrung des Bildes verursacht. Die ganze Vorrichtung ist überflüssig.

d) Federklammern. Bei senkrecht stehendem Objecttische nothwendig und bei horizontal stehenden, zwar nicht für eigene Beobachtungen, allein bei Demonstrationen für Andere bequem sind Federklammern, durch welche das Object in unverrückter Lage auf dem Objecttische festgehalten werden kann. Den Vorzug vor allen übrigen Vorrichtungen dieser Art verdienen, meiner Ansicht nach, die von *Oberhäuser* seinen grossen Mikroskopen beigegebenen Klammern (Tab. III. fig. 10. 11), indem sie nicht nur jeden Augenblick durch einen leichten Druck aus dem Objecttische ausgehoben werden können, sondern auch zum Festhalten eines jeden dicken oder dünnen, grossen oder kleinen Körpers gleich gut passen. Ihre Einrichtung ist die einfachste von der Welt, indem sie aus einem federnden, etwas gebogenen Streifen von Messingblech c bestehen, welcher auf ein cylindrisches Stäbchen von Messing b aufgeschraubt ist. Dieses Stäbchen wird in eine Oeffnung des Objecttisches a, welche nur um weniges weiter ist, als zur Aufnahme des Stäbchens nöthig ist, eingesteckt, das

federnde Blättchen auf das Glas d oder andere festzuhaltende Körper aufgelegt und das Stäbchen etwas in die Oeffnung des Objecttisches abwärts gedrückt, in welcher es sich wegen der schiefen Richtung, in welcher die durch den Druck gespannte Feder auf dasselbe wirkt, sich einklemmt.

Analog wirkend, aber weniger bequem, weil eine bestimmte Grösse der festzuhaltenden Platte nöthig ist, wenn die Klammer wirken soll, sind hufeisenförmige Klammern, welche an dem Mittelstücke, das die beiden parallel liegenden Arme verbindet, zwei senkrechte Stäbchen tragen. Alle Klammern, welche am Objecttische befestigt sind, wie die Tab. II. fig. 1. 2. e dargestellte, sind ganz zu verwerfen, indem sie sehr häufig beim Auflegen von Glasplatten u. s. w. äusserst hinderlich sind.

e) Der Wassertrog. Zweckmässiger als der federnde Flaschenhalter ist die Benützung von kleinen, aus Glasplatten zusammengesetzten Trögen, welche aus einer zwischen zwei Glasplatten eingeschlossenen, mit passenden Ausschnitten versehenen Metallplatte verfertigt werden. Tab. I. fig. 34 stellt einen solchen zur Beobachtung mittelst eines horizontalen, und Tab. I. fig. 33 zur Beobachtung mittelst eines senkrechten Mikroskopes passenden Trog vor.

f) Die Büchse für Wasserinsecten (*aquatic live-box*) (Tab. I. fig. 36). Sie besteht aus zwei wasserdicht ineinander passenden Cylindern (deren Schluss durch Bestreichen mit Fett sicherer gemacht werden kann) a. b, in deren oberes Ende ein Planglas (d. c) eingekittet ist, so dass sie, wenn sie aufeinander geschoben sind, eine wasserdichte Büchse darstellen. Beim Gebrauche schwacher Vergrösserungen zieht es Dr. *Goring* vor, statt der Plangläser zwei mit der Krümmung nach unten gewendete Uhrgläser zu verwenden, indem es dadurch möglich wird, die am Rande des Gesichtsfeldes liegenden Körper zugleich mit den in der Mitte liegenden deutlich zu sehen. Um in der Luft lebende Insecten einzuschliessen, wird eine ähnliche Büchse ver-

wendet, in welche längs des Randes feine Oeffnungen gebohrt sind. Eine solche Oeffnung findet sich auch in dem äussern Cylinder der Wasserbüchse, um beim Aufeinanderschieben beider Cylinder die Luftblasen und das überflüssige Wasser austreten zu lassen.

g) Die federnde Pincette (Tab. I. fig. 29). Sie besteht aus einer durch Druck sich öffnenden und von selbst sich schliessenden Pincette, welche an einem in allen Richtungen beweglichen Arme befestigt ist, der in eine Oeffnung des Objecttisches eingesteckt wird. Der entgegengesetzte Arm des Stäbchens, welches die Pincette trägt, ist gewöhnlich nadelförmig zugespitzt, um Objecte oder eine Korkunterlage für dieselben anstecken zu können.

h) Die schwarzgefütterte Büchse *(black ground box)* (Tab. I. fig. 35). Dieses ist eine nach unten sich conisch erweiternde Büchse a, welche innen und an ihrem flachen Rande mit schwarzem Sammte überzogen und aussen schwarz angestrichen ist. Um ihren Hals kann man einen Arm ringsum drehen, welcher eine Federpincette c, die zur Aufnahme einer Stecknadel eingerichtet ist (fig. 30), und ein ebenfalls mit schwarzem Sammte überzogenes Tischchen b trägt. Diese Vorrichtung hat den Zweck, opake Objecte, welche mittelst der Federpincette gehalten oder auf das Tischchen gelegt werden, über einem vollkommen schwarzen Grunde zu sehen. Vollkommen überflüssig.

i) Der Stiefel *(boot)* (Tab. I. fig. 27). Unter diesem Ausdrucke verstehen die englischen Mikrographen eine über das Objectiv a zu schiebende Röhre b, welche an ihrem untern Ende c mit einem wasserdicht eingekitteten Parallelglase geschlossen ist und den Zweck hat, im Wasser liegende Körper zu betrachten. Weit wichtiger ist die Anwendung einer solchen Vorrichtung, um die Objective gegen die Einwirkung von sauren Dämpfen zu schützen, wenn man Objecte beobachtet, die in Salpetersäure oder Salzsäure liegen. Weniger passend ist der von Frankreich ausgegangene Vorschlag, anstatt eines geschliffenen Planglases

den Abschnitt einer dünn ausgeblasenen Glaskugel an dem Stiefel zu befestigen. Beim schiefen Stiefel (fig. 28) ist die Röhre des Stiefels rechtwinklig gebrochen und in den Winkel ein Glasprisma d oder ein Metallspiegel eingesetzt.

k) Die Pipette ist ein bei Untersuchung von Flüssigkeiten und von feinen, in Flüssigkeiten schwimmenden Körpern vielfach nützliches Instrument. Sie besteht aus einer an dem einen Ende in eine feine Spitze ausgezogenen, am andern Ende mit einem umgebogenen Rande versehenen Glasröhre, etwa von der Dicke einer Feder. Verschliesst man das obere Ende durch den aufgelegten Zeigefinger luftdicht, so kann man natürlicherweise das untere Ende in eine Flüssigkeit eintauchen, ohne dass diese in die Röhre eindringt. Durch eine augenblickliche Entfernung des Fingers kann man alsdann einen Theil der Flüssigkeit in die Röhre eindringen lassen, und nach vorhergegangener Verschliessung des obern Endes derselben die aufgenommene Flüssigkeit herausheben und auf eine Glasplatte ausfliessen lassen. Auf diese Weise lassen sich aus einer Flüssigkeit, welche verschiedene übereinandergelagerte Schichten hat, isolirte Proben der letzteren und der ihnen suspendirten feinen Körper sammeln. Ebenso lassen sich Infusionsthiere mit der Pipette einfangen, indem sie von dem Zuge des Wassers in die Röhre hineingerissen werden, wenn man die letztere in ihrer Nähe öffnet; ferner kann man durch die Pipette Reagentien in eine Flüssigkeit übertragen u. s. w.

l) Der Quetscher, das Compressorium. *Purkinje* war der erste, welcher zum Zwecke, die Objecte während der Beobachtung einem gleichmässigen, vom schwächsten Grade bis zur völligen Zerstörung ihrer Textur steigenden Drucke auszusetzen, ein eigenes Instrument construirte. Dieses *Purkinje*'sche Compressorium ist auch noch jetzt hinsichtlich seiner Leistungen das beste, zugleich aber auch das complicirteste. (Eine ausführliche Beschreibung davon gab der Erfinder in *Müller's* Archiv 1834). Seine Einrichtung ist folgende: Man denke sich zwei

starke, kreisförmige Metallplatten (Tab. VI. fig. 4. a. b) von etwa 2½ Zoll Durchmesser, welche durch zwei Säulen c in paralleler Richtung in etwa ½ Zoll Entfernung von einander festgehalten werden. In die obere Platte a ist eine ebene Glasscheibe e von etwa 6‴ Durchmesser in der Art eingesetzt, dass ihre Fläche auf der untern Seite der Metallplatte über die letztere etwas vorsteht. Die untere Platte b hat in ihrer Mitte eine etwa 1″ weite Oeffnung, in welche die Windungen einer weiblichen Schraube eingeschnitten sind. Zwischen beiden Platten und parallel mit ihnen ist eine dritte Metallplatte f. h, welche durch die Säulen ihre Leitung erhält, verschiebbar. In diese Platte ist in der Mitte eine Glasscheibe g eingesetzt, welche auf der obern Seite der Platte vorsteht. Es ist nun klar, dass ein Object, welches auf der Glasscheibe der mittlern Platte liegt, wenn diese in die Höhe gehoben wird, auf die in der obern Platte befindliche Glasscheibe treffen und je nach der Kraft, mit welcher die untere Platte in die Höhe gehoben wird, mehr oder weniger zwischen beiden Glasscheiben zusammengepresst werden muss, und dass man die Wirkung dieser Pressung, während der Operation, durch die obere Glasscheibe oder, wenn das Instrument umgewendet wird, durch die untere beobachten kann. Diese Bewegung nach oben wird nun durch eine Schraube i hervorgebracht, welche durch die Schraubenmutter der untern Platte in die Höhe geschraubt wird und die mittlere Platte in die Höhe hebt. Um diese Schraube nicht blos beim Aufwärts- sondern auch beim Abwärtsschrauben auf die mittlere Platte wirken zu lassen, ist die letztere aus zwei aufeinander geschraubten Platten f. h zusammengesetzt, zwischen welche der vorspringende Rand der Schraube i aufgenommen ist. Der Kopf dieser Schraube hat, um dem ganzen Instrumente als sichere Basis auf dem Objecttische dienen und bequem gedreht werden zu können, die Form einer ebenen Scheibe k von 2½″ Durchmesser, und die Schraube selbst ist, sowie der Kopf derselben, in der Mitte durchbohrt, um von unten her Licht auf die Glas-

platten und das zwischen denselben liegende Object fallen lassen zu können. Um das Object auf eine bequeme Weise zwischen beide Glasplatten bringen zu können, wird an der einen Säule c die Schraubenmutter d etwas losgeschraubt; es kann nun diese Säule mit der obern Platte a um die zweite Säule, welche in ihrer Lage bleibt, zur Seite gedreht werden, indem die mittlere Platte f. h und die untere Platte b zur Aufnahme der Säule c nicht eine blose cylindrische Oeffnung, sondern einen für diese Bewegung berechneten Ausschnitt (Tab. VI. fig. 11. 1) besitzen.

Wenn die mechanische Arbeit des Instrumentes gut ist, so ist der von demselben ausgeübte Druck gleichförmig; allein wenn die Glasplatten eine nicht ganz genau parallele Lage haben und ein schleimiges Object zwischen dieselben gebracht wird, so wird es durch den wenn auch nur wenig schief wirkenden Druck zwischen den beiden Platten seitwärts hinausgeschoben.

Eine weit einfachere, aber freilich auch unvollkommenere Einrichtung hat das *Schiek*'sche Compressorium. Dasselbe ist (Tab. VI. fig. 6. 7) in zwei Drittel der wahren Grösse (jedoch nicht nach einem *Schiek*'schen Originalexemplare, sondern nach einem in einigen kleineren Punkten von *Oberhäuser* modificirten Exemplare) dargestellt. Die Grundlage des Instrumentes bildet eine längliche, auf drei Füssen b. b stehende Metallplatte a. a. Parallel mit dieser, auf einem Zapfen c in horizontaler Richtung drehbar findet sich eine Metallstange d, welche auf der einen Seite an einem aufwärts gebogenen Fortsatz c ein Charniergelenk f trägt, am andern Ende die Mutter für die Schraube e enthält. In diesem Charniergelenke ist ein doppelarmiger Hebel g um eine horizontale Achse drehbar befestigt. Das hintere Ende desselben kann durch die Schraube e in die Höhe gehoben werden, das andere Ende desselben endigt sich in eine halbkreisförmige, um den Hebel als Achse drehbare Gabel k, in welcher der Ring l mittelst zweier Spitzen (also um seine Querachse drehbar) befestigt ist. Unter diesem Ringe ist die Platte a durch-

bohrt. Ueber dieser Oeffnung wird eine Glasplatte mit etwas Wachs auf die Platte a geklebt, eine zweite auf dieselbe Weise an die untere Seite des Ringes l befestigt. Es ist nun deutlich, dass wenn das hintere Ende des Hebels g durch die Schraube e in die Höhe gehoben wird, die beiden Glasplatten von seinem vordern Ende aufeinander gepresst werden und dass die obere derselben sich mit der untern parallel stellen muss, da der Ring l und die Gabel k an zwei sich unter rechten Winkeln kreuzenden horizontalen Achsen befestigt sind. Damit das vordere Ende des Hebels und des Ringes l keinen Druck auf das zwischen den Glasplatten m liegende Object ausüben und kein todter Gang der Schraube e stattfinden kann, ist die Feder h angebracht, welche in einem Ausschnitte des hintern Hebelarmes liegt. Das eine Ende der Feder ist durch die Schraube i auf dem Metallstücke d aufgeschraubt, das andere in die Höhe gebogene Ende h drückt gegen einen durch den Hebelarm in querer Richtung durchlaufenden Stift, sucht also den hintern Hebelarm abwärts zu drücken und das entgegengesetzte Ende mit der an ihm befestigten obern Glasplatte zu heben. Um ein Object zwischen die Glasplatten zu bringen, wird der ganze Hebelapparat um den Zapfen c auf die Seite gedreht.

Amici hat dieses Compressorium, wie aus Tab. VI. fig. 12. 13 (welche das Instrument in zwei Drittel seiner wahren Grösse darstellen) erhellt, bedeutend vereinfacht, jedoch, wie ich glaube, damit nicht verbessert. Der durch die Schraube d bewegliche Hebel c endigt sich nämlich nach vorn in eine halbkreisförmige Gabel, deren Enden klauenförmig nach unten zu umgebogen sind. Zwischen diese Gabel und die Platte a werden die Glasplatten, zwischen welchen das Object liegt, gelegt. Das Object ist daher, ehe die Wirkung der Schraube beginnt, bereits dem Drucke der obern Glasplatte, welcher oft schon für sich zu stark ist, ausgesetzt, und der Druck ist, da er blos an zwei Punkten die Glasplatten trifft, weit weniger gleichförmig, als bei den

Compressorien von *Purkinje* und *Schiek*. Sowohl das von *Oberhäuser* modificirte *Schiek*'sche, als das *Amici*'sche Compressorium haben den Vorzug vor dem *Purkinje*'schen, dass die Glasplatten nicht fest eingesetzt sind, wesshalb sie, wenn sie zerbrechen, sogleich mit neuen vertauscht werden können.

m) Der Polarisationsapparat. Will man mittelst polarisirten Lichtes beobachten, so ist es am bequemsten, das Licht des Spiegels durch ein *Nicol*'sches Prisma zum Objecttische gehen zu lassen, und ein zweites *Nicol*'sches Prisma auf das Ocular aufzusetzen. Das letztere beschränkt zwar, weil es nothwendigerweise hoch ist, das Gesichtsfeld, hat aber wegen seiner vollkommenen Farblosigkeit und Durchsichtigkeit einen Vorzug vor der Anwendung einer Turmalinplatte, die allerdings wieder auf ihrer Seite den Vortheil eines grossen Gesichtsfeldes besitzt. Es kann jedoch nach *Pritchard* (micros. illustrat. 120.) auch eine Turmalinplatte angewendet werden, wenn man das auf das Object fallende Licht durch mehrere dünne, parallele, unter dem Polarisationswinkel befestigte Glasplatten auffängt, und durch eine grosse Linse condensirt. In Ermanglung eines *Nicol*'schen Prismas oder einer Turmalinplatte kann man auch über dem Oculare eine Glasplatte, bei welcher man die Reflexion von der zweiten Fläche durch Schleifen oder Auftropfen von schwarzem Siegellacke entfernte, unter einem Winkel von 34° anbringen und das von derselben reflectirte Bild des Mikroskopes betrachten (*Brewster*, treat. on micr. 99).

Anstatt eines *Nicol*'schen Prismas wendete *Brewster*, um das Licht zu polarisiren, auch einen einfachen Rhombus von Kalkspath an, auf dessen natürliche Flächen er mittelst Canadabalsam dünne Glasplatten aufkittete, um die Unvollkommenheiten der Oberfläche zu verbessern und die Flächen gegen mechanische Beschädigungen zu schützen. Die untere Fläche des Rhombus wird bis auf eine runde Oeffnung bedeckt; diese wird von einer solchen Grösse gemacht, dass die beiden Bilder, welche das durch diese

Oeffnung fallende Licht gibt, gerade getrennt sind. Wird das eine derselben auf der obern Seite des Rhombus mit einer Oblate bedeckt und das andere genau in die Mitte des Objectives gerichtet, so hat man die vollständigste polarisirende Vorrichtung, die sich denken lässt. Richtet man den Apparat so ein, dass beide Bilder in das Gesichtsfeld des Mikroskopes fallen, und bringt man gleichartige Objecte über dieselben, so sieht man sie zugleich mit entgegengesetzten Farben. Auch über dem Oculare kann ein ähnlicher Rhombus verwendet werden.

Das Gesagte mag über den mit dem Mikroskope zu verbindenden Polarisationsapparat hinreichen, indem die Anwendung des polarisirten Lichtes zur Untersuchung organischer Körper von keinem Nutzen, oder wenigstens nur in ausserordentlich seltenen Fällen, z. B. bei Untersuchung der Crystallinse, von Nutzen ist. Mir wenigstens ist es bei wiederholten Versuchen, bei Untersuchung vegetabilischer Körper, z. B. der Zellenmembram durch Anwendung polarisirten Lichtes Structurverhältnisse, die nicht bei gewöhnlicher Beobachtungsweise erkennbar wären, zu entdecken, niemahls gelungen, auch nur den mindesten Nutzen aus diesem Verfahren zu ziehen. Das polarisirte Licht findet dagegen bei Untersuchung unorganischer, namentlich crystallisirter Körper, eine ausgedehnte Anwendung, und es bildet das Polarisationsmikroskop mehr einen Theil des Apparates des Physikers, als des Naturhistorikers. Gerade aus diesem Grunde ist aber eine weitere Erörterung an diesem Orte überflüssig, indem ein Physiker, welcher dieses Instrument anwendet, keiner Anleitung bedarf; (vergl. übrigens *Brewster*, on polarising microscopes in: treat. on the microsc. 95. *Pritchard*, microsc. illustrat. 111. *Talbot*, philos. trans. 1837).

n) Der mikroskopische Goniometer dient dazu, den Winkel mikroskopischer Crystalle zu messen. Er besteht im Wesentlichen aus zwei übereinander drehbaren Glasplatten, von welchen jede mit einem durch ihre Mitte gezogenen Diamantstriche

versehen ist und die im Focus der Ocularlinse stehen. Der Crystall wird auf dem Objectträger so gestellt, dass sein Bild mit dem zu messenden Winkel in die Kreuzungsstelle der beiden Striche fällt; nun werden die Platten so gedreht, dass die Striche mit den Seiten des Crystalles zusammenfallen und an einer am Apparate angebrachten Kreiseintheilung der Winkel abgelesen. (Eine Abbildung des Apparates findet sich bei *Chevalier*, des microscopes. Tab. II. fig. 11.)

4. Von der Beleuchtung.

Ein sehr wesentlicher Theil des Mikroskopes besteht im Beleuchtungsapparate, denn wenn dieser fehlerhaft construirt oder falsch angewendet wird, so geht ein grosser Theil der Wirkung des Instrumentes verloren.

Die Beleuchtung zerfällt in die der durchsichtigen Körper mittelst durchgehenden Lichtes und die der opaken Körper. Die erstere findet weitaus die häufigste Anwendung, daher werde ich zuerst von ihr sprechen.

Man sieht viele Instrumente, bei welchen der ganze Beleuchtungsapparat in dem unter dem Objecttische angebrachten Concavspiegel besteht, oder in diesem und einem auf seiner Rückseite angebrachten Planspiegel, durch welche Spiegel das Licht des Himmels durch das Object in das Mikroskop geworfen wird. Diese Vorrichtung leidet an einem sehr wesentlichen Gebrechen; es wird bei Benützung des Concavspiegels nicht blos im Allgemeinen ein sehr intensives Licht erhalten, sondern auch neben dem Objecte durch den freien Theil des Gesichtsfeldes eine Masse von Licht zum Auge geschickt, welche zum Sichtbarwerden des Objectes nicht blos nichts beiträgt, sondern durch Ueberreitzung des Auges positiv schädlich ist.

Vor Allem ist also nöthig, die Intensität des Lichtes zu

beschränken, und zwar in einem dem zu beobachtenden Objecte, der Vergrösserung und der Helligkeit des Himmels entsprechenden Grade, indem von selbst klar ist, dass bei schwachen Vergrösserungen, die immer weit lichtstärker, als die stärkeren Vergrösserungen, sind, eine schwächere Beleuchtung passend ist und dass wenig durchscheinende Objecte eine intensivere Beleuchtung erfordern, als stark durchsichtige.

Ein Mittel, um diesen Zweck zu erreichen, besteht im Auflegen von geschwärzten Blendungen auf den Spiegel, durch welche man denselben, je nach der Weite ihrer Oeffnung, mehr oder weniger verkleinert. Diese Methode ist nicht bequem, da man, um eine gehörige Anzahl von Modificationen der Beleuchtung hervorzubringen, viele solcher Blendungen, die eine ziemliche Grösse haben, bei der Hand haben muss; es wird daher diese Methode selten angewendet.

Eine weit bequemere und sehr allgemein angewendete Vorrichtung ist die schon oben (pag. 101) beschriebene drehbare, mit Oeffnungen versehene Scheibe unter dem Objecttische. Wenn man dieser nach Art von der auf Tab. II. fig. 17 abgebildeten 8 bis 10 Oeffnungen von abnehmender Grösse gibt, so erreicht man den Zweck einer gradweisen Modification des Lichtes ziemlich gut; wenn jedoch, wie das sehr häufig geschieht, nur 3 bis 4 Oeffnungen in der Scheibe sind, so sind die Abstufungen der durch dieselben gegebenen Lichtgrade viel zu gross, wenn nicht zugleich noch andere Vorrichtungen zur Beschränkung des Lichtes angebracht sind. Es ist nichts weniger als gleichgültig, ob die Scheibe unmittelbar unter dem Objecttische angebracht ist, oder ob sie eine gewisse Strecke, z. B. in der Entfernung eines Zolles, unterhalb desselben steht, wie z. B. bei dem auf Tab. II. fig. 13. 14 abgebildeten Apparate. Je weiter abwärts die Scheibe angebracht ist, desto mehr wird durch eine in derselben angebrachte Oeffnung von bestimmter Grösse das Licht beschränkt; man kann daher bei tief stehender Scheibe die kleinsten Oeffnungen

entbehren. Man muss jedoch nicht glauben, dass grössere Oeffnungen in einer tief stehenden Scheibe die gleiche Wirkung, wie kleine Oeffnungen in einer hoch stehenden Scheibe ausüben; wenn auch durch beide im Ganzen genommen gleich viel Licht ins Mikroskop gelangt, so ist doch die Vertheilung desselben eine ganz andere. Fällt nämlich das Licht durch die grössere Oeffnung einer tief stehenden Scheibe ein, so breitet es sich über das ganze Gesichtsfeld des Mikroskopes ziemlich gleichförmig aus, man wird desshalb das ganze Gesichtsfeld und Object von einem gleichförmig schwachen Lichte beleuchtet sehen; fällt dagegen das Licht durch eine kleine Oeffnung einer nahe unter dem Objecte stehenden Scheibe, so wird dasselbe nur auf den mittlern Theil des Gesichtsfeldes treffen, diesen hell beleuchten, aber den Umkreis dunkel lassen. Der Erfolg für die mikroskopische Beobachtung ist in diesen zwei Fällen ein wesentlich verschiedener. Die erste Art der Beleuchtung passt für schwache und lichtstarke Vergrösserungen, mittelst deren man ein grösseres Object auf einmahl übersehen will; die zweite eignet sich dagegen für stärkere und lichtschwächere Vergrösserungen, mittelst deren man einen kleinen Theil des Objectes hell beleuchtet sehen, ringsum dagegen störendes Licht abhalten will. Das letztere ist im Allgemeinen das wichtigere, und da überdies der erstere Zweck auch durch andere Mittel leicht erreicht werden kann, so halte ich es für einen Fehler, die Scheibe tief unter dem Objecttische anzubringen. Im Allgemeinen ist es zwar hinreichend, wenn die Scheibe, wie dieses bei dem auf Tab. II. fig. 18 dargestellten Objecttische der Fall ist, gleich unter dem Objecttische steht; allein besser bin ich mit einer Einrichtung zufrieden, die ich an einem meiner Mikroskope anbringen liess, in dessen Objecttisch ich von der untern Seite her eine kreisförmige Vertiefung eindrehen und in diese die Scheibe versenken liess, so dass zwischen ihr und dem Objecte nur noch eine dünne Metallplatte übrig blieb.

Diesen letzteren Zweck, kleine Oeffnungen dem Objecte

möglichst nahe zu bringen und zugleich ganz allmählige Uebergänge in der Stärke der Beleuchtung hervorzubringen, erfüllen die beweglichen Blendungen, wie sie z. B. die neueren *Oberhäuser*'schen Mikroskope besitzen, auf eine noch vollkommenere Weise, als die Scheibe. Es sind diese Blendungen (Tab. III. fig. 5) mit zum Theile sehr kleinen Oeffnungen*) versehen und sind am obern Ende einer kleinen Metallröhre angebracht, welche letztere in die Oeffnung des Objecttisches eingesetzt wird und durch einen Trieb oder einen Hebel (Tab. III. fig. 8. t) gehoben und gesenkt werden kann, welche Vorrichtung erlaubt, die Blendung bis unmittelbar unter die Glasplatte, auf welcher das Object aufliegt, in die Höhe zu heben. Die Wirkung dieser Blendungen ist bei starken Vergrösserungen eine sehr günstige, und sie sind unzweifelhaft bei diesen der Scheibe vorzuziehen, nicht blos, weil ihre Oeffnung dem Objecte näher gebracht werden kann, als die Oeffnungen einer drehbaren Scheibe, sondern auch desshalb, weil in der Bewegung derselben nach aufwärts und abwärts das Mittel gegeben ist, den Helligkeitsgrad aufs Feinste modificiren zu können. Ich finde dagegen an der mechanischen Einrichtung, wie sie gegenwärtig an den Mikroskopen angebracht wird, manches auszusetzen. Die Blendungen sollten ausgewechselt werden können, ohne das Object von seinem Platze zu bewegen; das letztere ist bei der jetzigen Einrichtung nothwendig, weil die Blendung von oben her durch die Oeffnung des Objecttisches eingesetzt wird; hiebei ist man genöthigt, das Object vom Objecttische wegzunehmen und lauft Gefahr, nachdem dasselbe wieder unter das Mikroskop gebracht ist, die Stelle, an deren Beobachtung gerade viel liegt, nicht mehr aufzufinden; jedenfalls ist hiezu in vielen Fällen Mühe und Zeit nöthig, und man muss sogar zu diesem Zwecke oft ein

*) Bei einem *Oberhäuser*'schen Mikroskope, an welchem ich diese Blendungen mass, finden sich drei derselben; die Oeffnung der einen hat einen Durchmesser von 2‴, die zweite von 1‴, die dritte von $^{12}/_{50}$‴.

schwächeres Objectiv anschrauben, um durch sein grösseres Gesichtsfeld die Auffindung zu erleichtern. Es wäre daher passender, die mechanische Einrichtung so zu ändern, dass die Blendungen unterhalb des Objecttisches eingesetzt würden. Mit der gegenwärtigen Einrichtung verglichen ziehe ich wegen der Schnelligkeit, mit welcher man durch Drehung der Scheibe die verschiedensten Lichtgrade augenblicklich abwechseln lassen kann, ohne das Object zu berühren, die Scheibe den beweglichen Blendungen vor.

Schon oben habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass von den Physikern die Forderung gestellt wird, dass wenn ein Concavspiegel zur Beleuchtung verwendet wird, derselbe eine solche Stellung haben solle, dass sein Focus mit dem Objecte zusammentrifft. Wenn gleich die Erfahrung nicht nachweist, dass diese Forderung strenge einzuhalten ist, so ist doch jedenfalls (ganz abgesehen von anderen Gründen) die vielen Mikroskopstativen gegebene Einrichtung, nach welcher der Concavspiegel und die Mikroskopröhre feststehen und zwischen beiden der Objecttisch auf- und abwärts bewegt wird, sehr fehlerhaft, indem bei dieser Einrichtung sich die Beleuchtung des Objectes mit jeder Einstellung ändert. Wenn die Mikroskopröhre feststeht und der Objecttisch beweglich ist und ein Concavspiegel zur Beleuchtung verwendet wird, so muss der Spiegel mit dem Objecttische in Verbindung stehen und sich mit dem letztern auf- und abwärts bewegen.

Es wurde ebenfalls schon oben berührt, dass sich der Concavspiegel durch einen Planspiegel und eine zwischen diesem und dem Objecte angebrachte Sammellinse ersetzen lasse. Nach der englischen, von *Goring* herrührenden Einrichtung (Tab. V. fig. 10) ist diese Sammellinse in eine an ihrem oberen Ende mit einer Blendung versehene Röhre gefasst, in welcher sie auf- und abwärts verschiebbar ist und welche Röhre an der untern Seite des Objecttisches befestigt wird (Tab. II. fig. 8. m). Diese Vorrichtung, welche *Goring* (micr. cab. 170) mit Unrecht für eine Mo-

dification und Verbesserung der *Wollaston*'schen Beleuchtung ausgibt, ist eine ziemlich unvollkommene. Erstens erlaubt sie, da die Blendung eine unveränderliche ist und an der Linse selbst keine Blendungen angebracht sind, nur geringe Modificationen der Lichtstärke, anderntheils gestattet sie, wenn die Mikroskopröhre nur auf- und abwärts beweglich ist, nicht, das Licht von der Seite her schief auf das Object fallen zu lassen. Das letztere ist freilich bei solchen Mikroskopen, bei welchen der die Mikroskopröhre tragende Arm horizontal beweglich ist, bis auf einen gewissen Grad möglich, indem man das Object (Tab. V. fig. 10. d) aus der Achse des Beleuchtungsapparates bringen und das Mikroskop über dasselbe stellen kann. Man wird jedoch hiedurch seinen Zweck nur unvollständig erreichen. Wird dagegen diese Linse, wie dieses von *Amici* (Tab. IV. fig. 5) geschieht, so angebracht, dass dieselbe an einem am Objecttische befindlichen Stäbchen auf- und abwärts verschoben werden kann, und ist zu gleicher Zeit an ihrer Fassung eine zur Seite zu schiebende Blendung (Tab. IV. fig. 17. v) angebracht, so hat man im Gebrauche oder der Entfernung der letzteren und im Auf- und Abwärtsschieben und im Seitwärtsdrehen der Linse, und namentlich auch in gleichzeitiger Anwendung der durchlöcherten Scheibe (welche *Amici* jedoch an seinem Mikroskop nicht anbrachte) und in der seitlichen Verstellung des Spiegels eine solche Reihe von allmählig in einander übergehenden Modificationen des Helligkeitsgrades und der Richtung der Beleuchtung, dass ich wenigstens vollkommen von derselben befriedigt bin, für gewöhnlich von keiner andern Gebrauch mache und nur bei sehr schwierigen Untersuchungen mittelst starker Vergrösserungen der Anwendung des *Dujardin*'schen, weiter unten besprochenen Beleuchtungsapparates einen und zwar nicht einmahl sehr bedeutenden Vorzug einräumen kann.

Bei den meisten Mikroskopen ist der Spiegel senkrecht unter dem Objecttische befestigt und obgleich in jedem beliebigen Winkel gegen die Mikroskopröhre stellbar, doch nicht seitwärts

aus der Richtung derselben zu entfernen, weshalb das Licht immer senkrecht ins Mikroskop einfällt. Es ist dieses zwar für die meisten Beobachtungen am passendsten, namentlich auch deshalb, weil das Mikroskop bei dieser Stellung des Spiegels das am meisten farblose Bild gibt, allein bei Untersuchung schwieriger, mit Streifen versehener Objecte ist es in vielen Fällen von grossem Nutzen, das Licht in schiefer Richtung ins Mikroskop fallen zu lassen. In dieser Hinsicht ist die Art, wie *Amici* den Spiegel befestigt, sehr zu loben; er bringt (Tab. IV. fig. 5) den gabelförmigen, um seine horizontale Achse drehbaren Träger des Spiegels am untern Ende eines mit der Säule des Mikroskopes parallel stehenden Armes an, welcher sich an seinem obern Ende um eine horizontale Achse seitwärts drehen lässt, wodurch man in den Stand gesetzt ist, den Spiegel stark seitwärts zu stellen.

Goring, welcher dem Spiegel an seinem Mikroskope (Tab. VI. fig. 18) eine wahrhaft colossale Grösse (beinahe 5″ Länge bei 4″ Breite) gab, legt einen sehr grossen Werth darauf, dass derselbe elliptisch und nicht kreisförmig ist, damit derselbe von oben, in der Richtung der Mikroskopröhre gesehen sich kreisförmig darstelle und einen cylindrischen Strahlenbündel zum Mikroskope schicke. Ich finde das ganz unnöthig. Ein kreisförmiger Spiegel, der 2 Zoll im Durchmesser hat, ist mehr als hinreichend gross und ob er in der Richtung der Achse des Instrumentes gesehen rund oder elliptisch erscheint, ist gleichgültig, indem die gegen den Rand desselben gelegenen Theile schon bei dieser und bei geringerer Grösse zur Beleuchtung nichts mehr beitragen.

Den Grundsatz, dass der Focus des Beleuchtungsapparates genau in die Fläche des Objectes fallen müsse, strenge einzuhalten, wurde bei den folgenden Beleuchtungsapparaten vorzugsweise ins Auge gefasst.

Wollaston (philos. trans. 1829. 13) erreichte bei seinem Apparate diesen Zweck auf eine nicht ganz vollständige Weise. Sein Beleuchtungsapparat ist zwar von ihm nur beim einfachen

Mikroskope (Tab. II. fig. 6) angebracht worden, allein da kein Grund vorhanden ist, ihn auf dieses zu beschränken und da er ohne Zweifel zur Erfindung des *Dujardin*'schen Apparates Veranlassung gab, so mag es nicht unpassend sein, seine Beschreibung an dieser Stelle zu geben. *Wollaston* brachte unter dem Objecttische c eine Röhre a. b. von 6'' Länge an, in deren oberem Theile eine plan-convexe, mit der ebenen Seite nach oben gewendete Linse k von etwa $^3/_4$'' Focus auf- und abwärts verschoben werden kann, während sich am unteren Ende eine Blendung h befindet, deren Oeffnung etwa $^3/_{10}$'' beträgt. Unten in der Röhre befindet sich ein Planspiegel i zum Auffangen des Lichtes. *Wollaston* gibt den Rath, die Sammellinse so zu stellen, dass in den Focus des Mikroskopes, folglich in die Ebene, in welcher das Object liegt, ein scharfes Bild der Blendung falle, welcher Stellung man sich dadurch vergewissern könne, dass man die Linse so lange verschiebe, bis man das Bild eines über die Blendung gespannten Drahtes scharf sehe. Die Breite des Bildes der Blendung sei, ausser wenn schwache Vergrösserungen angewendet werden, gross genug, wenn es $^1/_{20}$'' Durchmesser habe.

Gegen diese *Wollaston*'sche Vorrichtung wendet *Brewster* (treat. on the micr. 145) mit Recht ein, dass bei derselben die beleuchtenden Strahlen nicht in einen Focus auf dem Objecte zusammenfallen, indem hiezu gehören würde, dass nicht das Bild der Blendung, sondern das Bild der ausserhalb des Mikroskopes und jenseits des Spiegels liegenden Lichtquelle auf das Object geworfen würde. Diese Einwendung ist von theoretischer Seite aus betrachtet unstreitig richtig, aber ebenso gewiss ist, dass der *Wollaston*'sche Apparat für starke Vergrösserungen, bei welchen ein nur kleiner Theil des Objectes scharf beleuchtet gesehen werden muss, eine vortreffliche Beleuchtung gewährt; ich möchte auch hieraus wieder den Schluss ziehen, dass die strenge Einhaltung des Grundsatzes, dass der Focus des Beleuchtungsappa-

rates genau auf das Object fallen muss, in praktischer Beziehung nicht nothwendig ist.

Brewster, welcher diesen Grundsatz aufs strengste festhält und desshalb auch die Forderung stellt, dass die Sammellinse des Beleuchtungsapparates von chromatischer und sphärischer Aberration frei sein müsse (l. c. 146), änderte den *Wollaston*'schen Apparat dahin ab, dass er statt der einfachen plan-convexen Linse ein von Aberration freies *Herschel*'sches Linsensystem wählte (Tab. V. fig. 8. A. B) und (bei künstlicher Beleuchtung) auf den Metallspiegel M Lichtstrahlen auffallen lässt, denen durch ein zweites ähnliches Linsensystem A′ B′ eine parallele Richtung ertheilt worden war. Zugleich gibt er den Rath, unter das Object f und vor die Lampe bei g. g Blendungen zu stellen, deren Oeffnung je nach der Form des Objectes eine verschiedene (linienförmige u. s. w.) Gestalt hätten. Ob dieser von *Brewster* vorgeschlagene Beleuchtungsapparat je ausgeführt wurde, ist mir nicht bekannt.

In neueren Zeiten hat sich der auf analogen Principien beruhende Apparat von *Dujardin* (Tab. III. fig. 6) ein bedeutendes Ansehen erworben. Derselbe besteht aus einem achromatischen Linsensysteme, welches in seiner Construction vollkommen mit einem aus drei achromatischen Linsen (a. b. c.) zusammengesetzten starken Objective übereinstimmt, und mit der stärksten Linse nach oben unter dem Objecte in solcher Entfernung angebracht wird, dass das mittelst eines Prismas oder eines vollkommen guten ebenen Spiegels aufgefangene Licht in der Fläche des Objectes zu einem Focus vereinigt wird. Um zur Beleuchtung Parallelstrahlen oder wenigstens dem Parallelismus sich annähernde Strahlen zu erhalten, wird der Spiegel so gedreht, dass sich der an den Horizont angrenzende Theil des Himmels in ihm abspiegelt und nun wird, nachdem das Mikroskop auf das Object eingestellt ist, das Linsensystem des Beleuchtungsapparates so weit gehoben oder gesenkt, bis man das Bild von einem entfernten,

am Horizonte befindlichen Gegenstande, einer Thurmspitze u. dgl. mit deutlichen Umrissen durch das Mikroskop sieht. Man dreht nun den Spiegel so, dass das Object volles Licht erhält. Ist die Beleuchtung zu stark, so stellt man zwischen das Mikroskop und das Fenster einen Schirm von schwarzer Pappe, in welchem eine runde, mehrere Centimeter im Durchmesser haltende Oeffnung ist, welche durch eine drehbare, mit mehreren engeren Oeffnungen versehene Scheibe verengt werden kann, bis man die nöthige Schwächung des Lichtes erreicht hat. Man rühmte von diesem Beleuchtungsapparate, dass bei seiner Anwendung die auf Beugung beruhenden Lichtsäume, welche bei starken Vergrösserungen längs der Ränder des vergrösserten Bildes verlaufen, wegfallen, folglich das Bild um vieles reiner und schärfer werde. Dieser Vorzug ist auch bis auf einen gewissen Grad diesem Apparate unstreitig zuzuschreiben und es nimmt derselbe bei schwierigen Untersuchungen mittelst starker, lichtschwacher Vergrösserungen unter allen Beleuchtungsapparaten den ersten Rang ein. Man erwarte jedoch nicht zu viel von demselben. Eine vollständige Entfernung der auf Beugung beruhenden Lichtsäume konnte ich mittelst desselben niemahls bewirken, wohl aber erhalte ich bei starken Vergrösserungen, da das Licht auf einen kleinen Punkt concentrirt wird, ein lichtstärkeres und zugleich ein etwas schärfer begrenztes Bild, als mittelst des *Amici*'schen Beleuchtungsapparates. Sehr bedeutend ist jedoch, wie ich schon oben bemerkt habe, der Unterschied zwischen diesen beiden Apparaten nicht und dieser Unterschied tritt, wie das überhaupt bei Vergleichung verschiedener Beleuchtungsapparate der Fall ist, bei Anwendung sehr guter Objective weniger deutlich hervor, als beim Gebrauche von weniger vollkommenen.

Die Art und Weise, wie der *Dujardin*'sche Apparat am Objecttische befestigt und bewegt wird, lässt viele Modificationen zu. Wenn das Mikroskop nach Art des auf Tab. III. fig. 8. abgebildeten *Oberhäuser*'schen Stativs mit beweglichen Blendungen

versehen ist, so wird der *Dujardin*'sche Apparat an die Stelle dieser Blendungen in die Röhre q eingesetzt und mittelst der Hebelvorrichtung bewegt. An dieser Vorrichtung habe ich auszusetzen, dass der Beleuchtungsapparat nicht eingesetzt werden kann, ohne das Object vom Objecttische zu entfernen und dass bei der Unmöglichkeit dem Spiegel eine seitliche Stellung zu ertheilen, das Licht nicht in schiefer Richtung auf das Object geworfen werden kann.

Diesen Uebelständen wurde von *Oberhäuser*, wie ich an einem in den letzten Tagen von ihm erhaltenen Instrumente ersehe, auf die Weise abgeholfen, dass er die Hebelvorrichtung an einem Schieber anbrachte, welcher auf der unteren Seite des Objecttisches zwischen zwei schwalbenschwanzförmige Leisten eingeschoben wird, wodurch also möglich gemacht wurde, ohne das Object zu berühren, den Beleuchtungsapparat einzusetzen oder mit beweglichen Blendungen zu verwechseln oder ihn ganz zu entfernen und an seine Stelle einen ähnlichen Schieber mit einer drehbaren Scheibe einzusetzen. Um eine schiefe Beleuchtung anbringen zu können, wurde das (auf der hintern Seite der Fassung eines Concavspiegels befestigte) Beleuchtungsprisma wie der Spiegel von *Amici* (Tab. IV. fig. 5), an einem zweimahl unter rechtem Winkel gebrochenen und seitwärts zu verstellendem Arme angebracht. Natürlicherweise musste *Oberhäuser*, um den Beleuchtungsapparat auf diese Weise anbringen zu können, die Form seines Stativs (Tab. III. fig. 8) verlassen, und den Spiegel und den Objecttisch nach der gewöhnlichen Einrichtung an einer Säule befestigen. Auf ganz analoge Weise habe ich an dem auf Tab. II. fig. 18 abgebildeten Objecttische den *Dujardin*'schen Apparat ebenfalls an einem Schieber angebracht, nur mit dem Unterschiede von der *Oberhäuser*'schen Einrichtung, dass ich die Röhre, in welche der genannte Apparat eingesetzt wird, nicht durch einen Hebel, sondern einfach durch Verschiebung mittelst der Finger in einer Hülse, in welche sie genau

eingeschliffen ist, bewege, eine Einrichtung, welche allerdings, wenn auch einfacher, etwas weniger bequem, als die *Oberhäuser*'sche ist. Eine weitere Verbesserung, welche *Oberhäuser* an dem eben bemerkten Mikroskope anbrachte, besteht darin, dass er über dem *Dujardin*'schen Apparte noch enge Blendungen anbrachte, welche aus dünnen, im Centrum durchbohrten Metallscheiben bestehen, die in eine kreisförmige Vertiefung des Objecttisches eingelegt werden und deren obere Seite genau in der Fläche des Objecttisches liegt. Es gewinnt durch die Anwendung dieser Blendungen das Bild an Schärfe, auf ähnliche Weise, wie dieses bei dem *Amici*'schen Beleuchtungsapparate der Fall ist, wenn man am Objecttische Blendungen anbringt.

Von einem andern Grundsatze, als die Erfinder der eben beschriebenen Beleuchtungsapparate ging *Nobert* aus. Er glaubte nämlich, dass bei der Beleuchtung mit parallelem Lichte ein schärferes Bild erhalten werde, als bei Beleuchtung mit convergirendem Lichte, und brachte desshalb unter dem Objecttische eine Linse von 4‴ Focus so an, dass ihr Brennpunkt mit dem Brennpunkte des concaven Beleuchtungsspiegels zusammenfiel (*Poggend.* Annal. 1846. nro 2. 185). Er rühmt von dieser Einrichtung, dass sie nicht blos stärkeres Licht, als der Beleuchtungsspiegel allein, gibt, sondern dass man auch kleinere Einzelnheiten der Objecte, als ohne Anwendung der Linse, sehe. Das mag in Folge der helleren Beleuchtung allerdings der Fall sein, allein der Grundsatz, dass man mittelst parallel auf das Object auffallender Lichtstrahlen genauer sehe, als mittelst eines Beleuchtungsapparates, dessen Focus auf das Object selbst fällt, scheint mir damit noch lange nicht bewiesen zu sein.

Auf eine eigenthümliche Weise benützte *Reade* das von unten her auf durchsichtige Objecte geworfene Licht zur Beleuchtung derselben (*Goring* and *Pritchard*, micrographia 226. Microsc. illustr. 138). Anstatt nämlich das Licht direct durch das Object ins Mikroskop fallen zu lassen, stellt er den Spiegel oder

bei Beleuchtung mittelst künstlichen Lichtes die Kerze so weit seitwärts vom Objectträger, dass das Licht zwar durch das Object von unten und der Seite her durchgeht, aber nicht durch das Mikroskop zum Auge gelangen kann. Der Winkel, welchen hiebei die Lichtstrahlen mit der Achse des Mikroskopes bilden, muss immer grösser als die Hälfte des Oeffnungswinkels des Objectives sein. Das Gesichtsfeld des Mikroskopes bleibt unter diesen Umständen unbeleuchtet und man sieht das Object nicht mittelst durchgehenden Lichtes, sondern durch denjenigen Theil des Lichtes, welcher anstatt durch das Object durchzugehen, von demselben reflectirt wird; es erscheinen daher die Objecte auf schwarzem Grunde in ihren natürlichen Farben. Diese Beleuchtungsart gibt allerdings in manchen Fällen, namentlich bei Betrachtung von Schmetterlingsschuppen mittelst schwächerer Vergrösserungen ein ganz schönes Bild, sie ist aber nur bei solchen Objectiven anwendbar, welche vom Objecte auf eine gewisse Weite abstehen, indem bei sehr starken Objectiven das Licht ins Mikroskop fällt und man alsdann nichts anderes, als eine gewöhnliche, aber sehr schiefe Beleuchtung hat, welche kein gutes Resultat gewährt.

Mag man nun einen oder den andern dieser Beleuchtungsapparate anwenden, so sind gewisse Regeln in Beziehung auf die Stellung des Mikroskopes zum Fenster und ähnliche Punkte gleichmässig in Anwendung zu bringen.

Im allgemeinen ist es beim Gebrauche aller lichtstarken Mikroskope ungünstig, das Licht von dem der Sonne naheliegenden Theile des Himmels aufzufangen, indem man dabei eine zu grelle Beleuchtung erhält. Hat man daher über ein Local zu gebieten, welches eine freie Aussicht auf den nördlichen Theil des Himmels gestattet, oder dessen Fenster gegen verschiedene Himmelsgegenden hin gerichtet sind, in welchem letzteren man also je nach der Tageszeit eine andere Himmelsgegend zur Beleuchtung wählen kann, so ziehe man dasselbe einem blos nach Osten, oder

blos nach Westen gerichteten Zimmer vor. Die ungünstigste Lage ist die südliche.

Die meisten mikroskopischen Beobachter stellen das Mikroskop auf einen in der nächsten Nähe des Fensters stehenden Tisch, um die Bequemlichkeit zu haben, die Präparate, wie sie fertig werden und ohne aufzustehen, sogleich unter das Mikroskop bringen zu können. Bei der Mehrzahl der Beobachtungen ist auch gegen diese Stellung des Mikroskopes nichts einzuwenden, und ich selbst habe die Mehrzahl meiner Beobachtungen auf diese Weise gemacht; bei sehr schwierigen Beobachtungen ist sie dagegen nicht ganz günstig, sondern man wird bei diesen gut thun, das Mikroskop so weit als möglich vom Fenster entfernt aufzustellen. Dass man dabei, wenn das Zimmer mehrere Fenster hat, mit Ausnahme des zur Beleuchtung dienenden, die übrigen mittelst eines Ladens oder dergl. zu schliessen hat, um das von ihnen seitwärts einfallende, störende Licht abzuhalten, versteht sich von selbst. Manche geben den Rath, auch das zur Beleuchtung dienende Fenster bis auf eine im Laden befindliche Oeffnung zu bedecken; passend für die mikroskopische Beobachtung ist dieses ohne Zweifel, doch gestehe ich, gerade keine auffallend günstige Wirkung davon gefunden zu haben.

Die Annehmlichkeit und in vielen Fällen auch die Sicherheit der Beobachtung hängt sehr bedeutend vom Zustande des Himmels ab. Am günstigsten ist ein rein blauer, durchaus wolkenloser Himmel. Es ist nicht blos die bläuliche Färbung des von ihm mit dem Spiegel aufgefangenen Lichtes dem Auge angenehm, sondern es gibt das Mikroskop bei Beleuchtung mit diesem bläulichen Lichte ein farbenfreieres, schärferes Bild, als mit dem von weissen Wolken reflectirten Lichte. Nach dem blauen Himmel ist mir ein gleichmässig mit hellgrauen Wolken überzogener der liebste; dagegen ist die Beleuchtung, welche ein ungleich gefärbter Himmel, namentlich ein blauer, auf welchem viele weisse, hell beleuchtete Wolken schnell vorüberziehen, höchst unange-

nehm, indem der immerwährende Wechsel von stärkerer und schwächerer Beleuchtung nicht blos das Auge angreift, sondern durch das blendende weisse Licht auch leicht störende Farbenerscheinungen hervorgerufen werden. Es ist bei einem solchen Zustande des Himmels oft geradezu unmöglich, schwierige Beobachtungen anzustellen.

Directes Sonnenlicht mit dem Spiegel aufzufangen und ins Mikroskop zu werfen, ist unter allen Umständen zu missbilligen. Bei sehr durchsichtigen Gegenständen wird zwar Niemand versucht sein, diese Beleuchtung anzuwenden, indem sie viel zu grell ist, als dass das Auge dieselbe ertragen könnte; dagegen kommt man allerdings in Versuchung, sich derselben zu bedienen, wenn man einen nur schwach durchscheinenden Körper, z. B. ein Blatt, in welchem man die Bewegung des Milchsaftes untersuchen will, zu beobachten hat. Diese Beleuchtungsmethode gibt aber immer ein schlechtes Resultat, indem sie ein flimmerndes Bild gibt, welches jedes deutliche Sehen unmöglich macht; sie ist daher, wenn sie gleich von einigen Beobachtern, wie z. B. *Schultz*, angewendet wurde, durchaus zu verwerfen. Zum Glücke ist aber auch eine so helle Beleuchtung bei den neueren, lichtstarken Mikroskopen kein Bedürfniss mehr, indem man nur in seltenen Fällen den Wunsch einer stärkeren Beleuchtung, als sie das gewöhnliche Tageslicht gibt, haben wird.

Chevalier schlug vor, das directe Sonnenlicht zur Beleuchtung zu verwenden, aber durch gefärbte Gläser so zu schwächen, dass dasselbe auf das Auge keinen zu starken Eindruck mehr mache. Ich brauche wohl nicht darauf aufmerksam zu machen, dass durch diese Methode nicht blos die Intensität des Sonnenlichtes vermindert wird, sondern dass je nach der Beschaffenheit der angewendeten Gläser ein grösserer oder kleinerer Theil der farbigen, das weisse Licht zusammensetzenden Strahlen absorbirt wird, und nur ein Theil der Farben des Sonnenspectrums übrig bleibt, wodurch eine der monochromatischen sich einigermassen

annähernde Beleuchtung erzielt wird. Ich kann mich in Folge einiger Versuche nur gegen diese Beleuchtungsart aussprechen, indem sie, bei schwierigen Objecten geprüft, ein ganz schlechtes Resultat gab. Es war dieses namentlich bei Anwendung tief blauer Gläser der Fall, bei welchen, wenn ich hinreichendes Licht durchliess, um noch zur Erkennung eines feinen Details genug Helligkeit zu haben, ein höchst unangenehmes Flimmern entstand, welches jedes deutliche Sehen unmöglich machte. Ein besseres Resultat gab die Anwendung von tief purpurroth gefärbten Gläsern, bei welcher allerdings das Bild scheinbar sehr scharfe Umrisse zeigte. Dessenungeachtet war es nicht möglich, bei schwierigen Probeobjecten, z. B. auf den Schuppen von *Lycaena Argus* die Querstreifen zu sehen, welche bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung mit demselben Mikroskope ausserordentlich leicht zu sehen sind. Die Anwendung dieser rothen Gläser schadet also nicht blos der Erkennung des freien Details, sondern sie macht überdiess die Erkennung jeder Farbe unmöglich und gibt eine dem Auge widerwärtige, wahrhaft diabolische Beleuchtung.

Anders verhält es sich mit der von Dr. *Goring* angerathenen Weise, das Sonnenlicht zu benützen. Er räth, die hintere Seite der Spiegelfassung mit Gips zu überziehen, und das von dieser matten weissen Fläche reflectirte Licht zur Beleuchtung farbiger Objecte zu benützen, indem hiebei die natürlichen Farben besser, als bei andern Beleuchtungsarten, zum Vorscheine kommen. Diese Beleuchtungsweise, bei welcher man auch, anstatt der Gipsschichte, ein weisses Papier verwenden kann, ist allerdings gut und lässt schwierige Probeobjecte in allem Detail untersuchen; einen besondern Vorzug vor der gewöhnlichen Benützung des reflectirten Tageslichtes wüsste ich ihr übrigens ebensowenig zuzuschreiben, als dem analogen, von Andern gegebenen Rathe, das Licht zu benützen, welches von einem von der Sonne beschienenen, dem Beobachtungszimmer gegenüber liegenden Hause reflectirt wird.

Die Beleuchtung undurchsichtiger Körper von oben mittelst des Tageslichtes ist eine weit unvollkommenere, als die Beleuchtung durchsichtiger Körper mittelst durchgehenden Lichtes, schon aus dem Grunde, weil sie bei starken Objectiven, welche dem Objecte sehr nahe gebracht werden müssen, gar keine Anwendung mehr finden kann. Bei schwachen Vergrösserungen und lichtstarken Mikroskopen genügt es, das Mikroskop in die Nähe des Fensters zu stellen und das Object auf einen dunkeln Grund zu legen, um dasselbe wie durch eine Lupe deutlich zu sehen. Bei steigender Vergrösserung wird jedoch diese Beleuchtung bald zu schwach; dann wird man, wenn die Vergrösserung nicht viel über 100- bis 150mahl steigt und das Objectiv noch weit genug vom Objecte absteht, hinreichendes Licht mit einer Sammellinse *) erhalten, mit welcher man das durch das Fenster sichtbare Bild des Himmels auf das Object wirft. Hiebei muss man das Instrument möglichst weit vom Fenster entfernt aufstellen, um durch die Linse ein kleines, aber helles Bild desselben zu erhalten. Es ist bequem, die Linse nicht am Mikroskope selbst, sondern auf einem besondern, schweren Fusse, auf dem sie in jeder Richtung beweglich ist, zu befestigen; unter 3 oder wenigstens 2 Zoll Oeffnung sollte diese Beleuchtungslinse nicht haben. Die beste Form für diese Linse ist wohl die planconvexe; beim Gebrauche wird die ebene Seite gegen das Fenster gewendet.

Wünscht man eine hellere Beleuchtung und stärkere Vergrösserungen anzuwenden, so bietet hiezu der *Lieberkühn*'sche Spiegel das passendste Mittel dar, welches selbst bei 400mahligen Vergrösserungen noch hinreichendes Licht gewährt. Dieser Spiegel

*) Anstatt einer Sammellinse verwendete *Selligue* ein rechtwinkliges Prisma, dessen beide unter dem rechten Winkel zusammenstossende Flächen convex geschliffen sind (Tab. I. fig. 10). Einen besondern Vortheil dieses Prismas vor der Sammellinse finde ich nicht; im Gegentheile hat die letztere den Vortheil, dass sie, ohne zu schwer zu werden, weit grösser, als ein Prisma gemacht werden kann.

besteht aus einem etwa 9‴ breiten, in der Mitte durchbrochenen, möglichst vollkommen polirten concaven Spiegelchen (Tab. III. fig. 7. c) von reinem Silber, welches mittelst seiner Fassung b so auf das Objectiv a aufgeschraubt wird, dass das Glas die Oeffnung des Spiegels ausfüllt, und welches eine solche Krümmung besitzt, dass sein Focus mit dem der Objectivlinse zusammenfällt. Man kann auch, wenn die Fassung des Objectives cylindrisch abgedreht ist, den Spiegel zum Aufstecken auf das Objectiv einrichten, wo man dann durch Auf- und Abwärtsschieben des Spiegels die Stellung, in welcher er die hellste Beleuchtung gibt, heraussuchen kann. Der Gebrauch des *Lieberkühn*'schen Spiegels setzt eine grosse Oeffnung im Objecttische voraus, durch welche man mit dem Beleuchtungsspiegel einen sehr breiten Lichtbüschel nach oben werfen kann. Das Object, welches keinen grössern Durchmesser, als die Oeffnung des Objectives beträgt, besitzen soll, wird auf irgend einen undurchsichtigen, geschwärzten Gegenstand, welcher so gross als die Objectivöffnung ist und durch eine Zange festgehalten wird oder auf einer Glasplatte befestigt ist, aufgelegt. Das vom Beleuchtungsspiegel nach oben geworfene Licht wird auf diese Weise durch die Unterlage des Objectes abgehalten, direct in das Mikroskop zu fallen, gelangt neben dem Objecte vorüber auf den *Lieberkühn*'schen Spiegel und wird von diesem von allen Seiten und von oben her auf das Object zurückgeworfen. Die Wirkung des *Lieberkühn*'schen Spiegels weicht von der Beleuchtung durch seitwärts einfallendes und durch eine Sammellinse concentrirtes Licht dadurch ab, dass die letztere, wenn der Körper nicht völlig eben ist, an den Erhabenheiten eine Licht- und eine Schattenseite hervorhebt, während bei der ersteren Beleuchtungsart sich das Licht beinahe gleichförmig von oben und von allen Seiten über den Körper verbreitet und somit keinen Schatten werfen kann. So selten man auch bei wissenschaftlichen Untersuchungen genöthigt ist, zu dieser Beleuchtungsart seine Zuflucht zu nehmen, so ist doch ihr Gebrauch

vielleicht zu sehr vernachlässigt, denn die Wirkung derselben ist, wenn sie bei einem geeigneten Objecte angewendet wird, überraschend.

Manche, namentlich englische Mikrographen, haben die Gewohnheit, sowohl durchsichtige, als opake Körper zum Behufe der mikroskopischen Untersuchung mittelst künstlichen Lichtes zu beleuchten. Den Nutzen, den diese Beleuchtungsart gewährt, bin ich nicht geneigt im Allgemeinen hoch anzuschlagen, nicht desshalb, weil ich läugne, dass man mittelst derselben ein gutes mikroskopisches Bild erhalten kann, und dass die künstliche Beleuchtung für manche Objecte, z. B. für injicirte anatomische Präparate recht gut ist, sondern desshalb, weil der, welcher das Mikroskop zu anhaltenden, wissenschaftlichen Beobachtungen gebraucht, wegen der Verfertigung seiner Präparate, der mikroskopischen Zeichnungen u. s. w. bei Tage und nicht bei Nacht beobachten muss, und weil es vollkommen widersinnig wäre, das Präparat im Tageslichte zu machen, und dann mit demselben, während das Tageslicht auch zur mikroskopischen Beobachtung zu Gebote steht, sich mit dem Präparate ins dunkle Zimmer einzuschliessen, um im Lampenlichte einen schlechten Ersatz für das Tageslicht zur Beobachtung desselben zu suchen. Wer das Mikroskop als ein Spielzeug benützt, da und dort einmahl an Schmetterlingsschuppen, einem Mückenfusse u. dergl. sich der Weisheit Gottes erfreuen will, der mag sich zu beliebiger Zeit ein hübsches Schattenspiel herrichten; der Naturhistoriker dagegen, sei er Systematiker oder Physiolog, welcher seinen ausgedehnten Untersuchungen Monate und Jahre anhaltender Anstrengung zu widmen hat, ist mit seiner ganzen Beschäftigung an das Tageslicht gewiesen; er kann die Präparation und Untersuchung seiner Objecte, die Behandlung derselben mit chemischen Reagentien blos bei Tage vornehmen, und höchstens einzelne Präparate zur Betrachtung mit künstlichem Lichte zurücklegen. Wer irgend einen Begriff von wissenschaftlichen Arbeiten

mit dem Mikroskope hat, kann über die völlige Unmöglichkeit, dass die Arbeiten eines *Amici*, *Rob. Brown*, *Ehrenberg*, *Mirbel*, *Schleiden* u. s. w. mit künstlicher Beleuchtung hätten zu Stande gebracht werden können, und über die relative Unwichtigkeit dieser Beleuchtung keinen Augenblick im Zweifel sein. Hauptsächlich kommt aber in Betracht, dass die Beleuchtung mittelst des grellen und gelblich gefärbten Lampenlichtes das Auge unendlich stärker afficirt, als die Beobachtung mittelst des Tageslichtes, und ich wenigstens gestehe, dass mir meine Augen viel zu lieb sind, als dass ich dieselben dieser unnöthigen Anstrengung auszusetzen wage. Wer, wie ich, schon in Folge lange anhaltender mikroskopischer Beobachtungen an den Augen litt, weiss, was das sagen will, und wird den Rath, Beobachtungsmethoden, die das Auge unnöthigerweise afficiren, zu meiden, für keine übertriebene Aengstlichkeit erklären.

Um die Nachtheile dieser grellen Beleuchtung mit dem gelblichen Lampenlichte zu entfernen, wurde von *Griffith* (Annals of natur. history. XII. 481.) ein Vorschlag gemacht, welcher zwar, so wie *Griffith* die Sache auffasste, auf einer vollkommen falschen Theorie beruht, welcher aber doch unter gewissen Umständen Anwendung finden kann. *Griffith* ging von dem Gedanken aus, es seien die Unvollkommenheiten des Kerzen- und Lampenlichtes in zwei Ursachen begründet: 1) darin, dass dasselbe monochromatisch sei; 2) dass die vorherrschende Farbe in demselben gerade die am stärksten leuchtende, die gelbe, sei. Die erstere Ursache hindere die Erkennung der Farben, die zweite bewirke ein unangenehmes und schädliches Flimmern. Diesen Uebelständen, glaubte nun *Griffith*, lasse sich leicht abhelfen. Da nämlich ein jedes Licht weiss gemacht werden könne, wenn man ihm die complementäre Farbe beimische, so dürfe man nur ein Licht, welches irgend eine bestimmte Färbung hätte, durch ein Glas von der complementären Färbung gehen lassen, um dasselbe weiss zu erhalten.

Es ist leicht einzusehen, dass bei dieser ganzen Schlussfolgerung *Griffith* von einem groben Irrthum in den andern fiel. Einmahl war es eine unbegreifliche Täuschung, das Lampenlicht für monochromatisch zu halten; der einfache Versuch, eine brennende Lampe durch ein Prisma zu betrachten, hätte *Griffith* von dem vollkommenen Ungrunde seiner Annahme überzeugen können. Anderntheils ist es vollkommener Unsinn, zu glauben, dass einem homogenen Lichte, welches durch ein Glas von der complementären Farbe geht, diese Farbe beigemengt werde. Die Annahme, dass ein Glas einem Lichte, welches durch dasselbe durchgeht, eine Farbe zusetze, beweist völlige Unkenntniss in den elementarsten Sätzen der Optik; ein gefärbtes Glas lässt weisses Licht gefärbt durch, nicht weil es demselben eine Farbe zusetzt, sondern weil es aus demselben gewisse Farben verschluckt und nur einem Theile der gefärbten Lichtstrahlen den Durchgang gestattet. Würde ein homogenes Licht auf ein Glas von der complementären Farbe fallen, welches nur diese complementäre Farbe durchliesse, so ginge dieses Licht nicht weiss aus dem Glase hervor, sondern es ginge gar kein Licht durch das Glas, dieses wäre für die Beleuchtung mit jenem Lichte vollkommen undurchsichtig. Nun ist aber auf der einen Seite das Lampenlicht nichts weniger als homogen, sondern enthält, wenn gleich nicht alle farbigen Strahlen des Sonnenlichtes, doch einen guten Theil derselben; anderntheils lassen auch die gefärbten Gläser nicht blos Licht von einer einzigen Farbe durch, sondern eine grössere oder geringere Anzahl von Farben, die in ihrer Mischung die Farbe erzeugen, in welcher das Glas unserem Auge erscheint. Die Sache stellt sich daher hinsichtlich des Durchganges von Lampenlicht durch gefärbte Gläser wesentlich anders, als wenn man mit homogenem Lichte und monochromatischen Gläsern zu thun hätte. Es ist allerdings denkbar, dass es schwach gefärbte Gläser gibt, welche den grössten Theil der farbigen Strahlen des Lampenlichtes durchlassen, den Ueberschuss von gelbem Lichte, welcher die

Beleuchtung durch Lampenlicht so unangenehm macht, dagegen absorbiren und ein Licht durchlassen, welches vom weissen Lichte weniger stark, als das Lampenlicht, abweicht. *Griffith* gibt an, dass er das Lampen- und Kerzenlicht dadurch, dass er es durch ein tief blaues Glas gehen liess, vollkommen farblos gemacht habe und dass mit diesem Lichte die Untersuchungen eben so gut und eben so genau, als bei Tage vorgenommen und die Farben erkannt werden konnten. Das letztere ist jedenfalls eine Uebertreibung, denn die Sache ist physikalisch unmöglich, da im Lampenlichte nicht alle farbigen Strahlen des Sonnenlichtes sind, dagegen will ich glauben, dass er ein dem weissen Lichte sich annäherndes, gewiss aber nicht farbloses Licht erhielt. Ich stellte hierüber zuerst mit schmalteblauen Gläsern Versuche an. Durch dieses Glas sieht man, wenn man mittelst eines Prismas eine brennende Kerze betrachtet, ein isolirtes, ganz scharfes, tief rothes Bild der Kerze und in einiger Entfernung davon ein zusammenhängendes Spectrum, welches aus gelbgrünen, blauen und sehr vielen violetten Strahlen besteht. Dieses Glas ist zu dem beabsichtigten Zwecke gänzlich unbrauchbar, indem die durch dieses Glas durchgehenden Strahlen des Kerzenlichtes in ihrer Mischung ein tiefes Lila geben. Versuche mit den etwas schwärzlichblau gefärbten Gläsern, wie sie zu Brillen verwendet werden, gaben ein besseres Resultat. Eine durch diese Gläser und ein Prisma betrachtete Kerzenflamme gibt nicht jenes isolirte tief rothe Bild derselben, sondern wegen der Anwesenheit von helleren rothen und von gelben Strahlen ein mit dem blauen Theile zusammenhängendes Spectrum. Diese Gläser entsprachen dem beabsichtigten Zwecke weit besser, denn eine Kerzenflamme erscheint, wenn man dieselbe durch ein derartiges Glas betrachtet, in der That mit einem Lichte, welches sich dem weissen Lichte nähert, und in welchem die blaue Färbung nicht sehr auffallend ist; davon aber, dass das Licht wirklich weiss ist, ist keine Rede. Ob es vielleicht blaue Gläser von andern Farbennüancen gibt, welche

den beabsichtigten Zweck noch besser erfüllen, kann ich nicht entscheiden, indem mir keine grosse Auswahl von blauen Gläsern zu Gebote steht.

Als Lichtquelle benützt man am einfachsten eine *Argand*'sche Lampe, welche man mit einem undurchsichtigen, von einer Oeffnung durchbrochenen Schirme umgeben und bei durchsichtigen Objecten nahe vor den Spiegel des Mikroskopes stellen oder gegen deren Licht man auch, mit Beseitigung des Spiegels, das Mikroskop geradezu richten kann. Um feine Probeobjecte, z. B. Schmetterlingsschuppen, zu sehen, ist diese Beleuchtung eine ganz zweckmässige; allein sie strengt, wie bemerkt, das Auge sehr an und leistet nicht mehr, als durch zweckmässige Beleuchtung mittelst des Tageslichtes auch zu erhalten ist. In manchen Fällen kann es auch zweckmässig sein, die Lampe in den Focus einer Zerstreuungslinse zu stellen, um ihre Lichtstrahlen in eine parallele Lage zu bringen, und diese nun durch einen Planspiegel in den Beleuchtungsapparat des Mikroskopes zu werfen, oder auch, wenn das Mikroskop horizontal gestellt werden kann, direct auf das Object auffallen zu lassen. Auch können diese Parallelstrahlen durch eine zweite Sammellinse zu einem Focus gesammelt werden, wodurch man freilich gewöhnlich in Hinsicht auf Schärfe des Bildes nichts gewinnt.

Vielleicht besser, als für durchsichtige Objecte, passt das künstliche Licht zur Beleuchtung opaker, grell gefärbter Objecte, z. B. mit rother Masse injicirter Gefässe thierischer Theile bei Anwendung schwacher Vergrösserungen. Hiebei ist es am bequemsten, dem Mikroskope eine horizontale Lage zu geben und die Lampe seitwärts vom Objecte und in seiner Nähe so aufzustellen, dass das Licht nur auf das Object, aber nicht ins Mikroskop fallen kann; hiebei ist es nicht unzweckmässig, um das Licht vom Objective desto sicherer abzuhalten, auf dieses eine vorn offene Röhre aufzustecken. Als besonders passend wegen seiner steten, nicht flackernden Flamme und wegen sehr intensiven

Lichtes empfiehlt *Goring* (micr. illustr. 202.) ein Binsenlicht, welches Fabricat freilich bei uns zu Lande nicht existirt. Dass das Licht auch durch eine Convexlinse oder durch gekrümmte Spiegel concentrirt werden kann, versteht sich von selbst. Als Beleuchtungslinse empfiehlt *Goring* zu diesem Zwecke eine planconvexe, mit der convexen Seite gegen das Object gewendete Linse von $1^1/_2$'' Focus (Tab. IV. fig. 18. r.), vor welche auf der vom Object abgewendeten Seite noch eine doppelt convexe Linse von gleichem Focus geschraubt wird; dabei soll die Entfernung des Lichtes von der Linse der der Linse vom Objecte gleich sein und ebenfalls $1^1/_2$'' betragen (microsc. illustr. 205). Es versteht sich von selbst, dass das Object auf einen schwarzen Grund gelegt wird. Auf die Röhre des Mikroskopes muss ein grosser geschwärzter Schirm aufgesteckt werden, um dem Auge den Anblick der beleuchtenden Lampe zu entziehen.

Wenn ich mich dahin aussprechen muss, dass die Beleuchtung mittelst Lampenlichts im Gegensatze gegen die mit Tageslicht für den mikroskopischen Beobachter von sehr untergeordnetem Werthe ist, und nur in seltenen Fällen mit einigem Vortheile angewendet werden kann, so muss ich den Vorschlag von *Brewster*, monochromatisches Licht zur Beleuchtung zu verwenden, wenigstens bei der gegenwärtigen Lage der Sache, für völlig unpraktisch erklären. Der Gedanke, homogenes Licht zur Beleuchtung zu verwenden und damit jede chromatische Aberration des Mikroskopes unmöglich zu machen, folglich mit nicht achromatischen Mikroskopen ein eben so scharfes Bild zu erhalten, wie mit einem achromatischen und bei dem letzteren auch das secundäre Spectrum zu entfernen, war gewiss, wenn wir die Sache vom theoretischen Standpunkte aus betrachten, ein glücklicher, allein bis jetzt entbehrt er noch gänzlich der praktischen Anwendbarkeit, und selbst wenn ein Mittel gefunden würde, auf eine leichte Weise ein intensives homogenes Licht zu erhalten, so bezweifle ich sehr, dass *Brewster's* Prophezeihung, man würde

alsdann nichts mehr vom zusammengesetzten achromatischen Mikroskope hören, in Erfüllung ginge. Das hiesse die Erfindung des Pulvers ignoriren und mit Bogen und Pfeil in den Krieg ziehen.

Brewster (treat. on the micr. 154.) führt drei Mittel an, um homogenes Licht zu erhalten.

1) Monochromatische Lampen. In der einen wird verdünnter Alcohol, dem man zu grösserer Sicherheit Kochsalz zusetzen kann, und welcher durch eine zweite Lampe stark erwärmt wird, verbrannt. Unter diesen Umständen gibt derselbe ein gelbes Licht. In der zweiten Lampe wird comprimirtes Gas gebrannt. Um den Brenner derselben und etwas höher als derselbe sind noch vier kleinere Brenner angebracht; die vereinigten Flammen aller dieser Brenner werden durch einen Ring von Baumwolle oder von Asbest, der mit Salz getränkt ist, geleitet, wodurch ihr Licht in gelbes homogenes Licht verwandelt wird.

2) Absorption der Lichtstrahlen durch gefärbte Mittel, welche nur einfachem Lichte den Durchgang gestatten. Für das beste hält *Brewster*, rothes Licht übrig zu lassen und zur Beleuchtung zu verwenden.

3) Zerstreuung des Lichtes durch ein Prisma. *Brewster* gibt diesem Mittel den Vorzug und glaubt, wenn man einen vollkommenen Apparat haben wolle, so müsse das Mikroskop einen Theil des zur Beobachtung der fixen Linien des Spectrums dienenden Apparates bilden, wobei er den Rath gibt, das Mikroskop in das Ocularende des Fernrohres, vor dessen Objectiv ein grosses Prisma gestellt werde, einzuschrauben.

Es braucht kaum nachgewiesen zu werden, dass alle diese Vorschläge völlig unpraktisch sind und dass *Brewster* keine Vorstellung davon hat, auf welche Weise der Naturhistoriker das Mikroskop gebraucht, und dass es für diesen ein unumgänglich nothwendiges Erforderniss ist, dass sein mikroskopischer Apparat compendios und zu jeder Zeit und an jedem Orte ohne grosse

Vorbereitung benützbar ist. Davon dass man die Benützung des Mikroskopes vom Sonnenschein abhängig macht, dabei einen Heliostat und sonstigen grossen Apparat gebraucht, kann natürlicherweise für Jemand, welcher das Mikroskop vielfach anwendet und welcher es zum Theile ausser seinem Hause und auf Reisen gebrauchen muss, gar keine Rede sein; es könnte sich also nur von den zwei ersten Vorschlägen *Brewsters* handeln, allein es entbehren auch diese bis jetzt der praktischen Anwendbarkeit. Gegen alle diese drei Methoden hat sich Dr. *Goring* (micrographia. 73) mit Recht ausgesprochen. Verwendete er einzelne Theile des Sonnenspectrums zur Beleuchtung, so gewann er durch ein nicht achromatisches Mikroskop nichts gegen die gewöhnliche Beleuchtung und erhielt bei schief einfallendem Lichte sogar farbige Ränder. Die monochromatische Alcohollampe zeigte sich vollkommen unbrauchbar, indem ihr Licht zu schwach, höchst unstet, nichts weniger als homogen war, und eine so schlechte Beleuchtung gab, dass Dr. *Goring* mit ihrer Hülfe nicht ein einziges Probeobject genau sehen konnte. Dass endlich die Anwendung rother Gläser kein befriedigendes Resultat gibt, habe ich schon oben berührt.

---

5. Von dem Gebrauche der Deckgläser.

Da die meisten sowohl vegetabilischen als animalischen Objecte unter Wasser untersucht werden müssen, so wird es nöthig, den Wassertropfen, in welchem das Object liegt, mit einem Glasplättchen (Deckglas) zu bedecken, um demselben eine ebene Fläche zu geben. Glimmerblättchen, welche man früher hiezu häufig verwendete, sind weniger passend, weil sie wegen vielfacher Sprünge und dergl. leicht der Schönheit des Bildes schaden. Ausserdem ist man häufig genöthigt, dickere Glasplatten zum Zwecke der Quetschung als Deckgläser zu verwenden, und

die Objecte während dieser Operation durch dieselben zu betrachten. Ausserdem kommt man nicht selten in den Fall, Präparate zu untersuchen, welche zwischen Glasplatten aufbewahrt werden.

In allen diesen Fällen ist es, um eine genaue Untersuchung des Objectes vornehmen zu können, von der äussersten Wichtigkeit, den Einfluss zu kennen, welchen das Deckglas auf das mikroskopische Bild ausübt, um je nach den Umständen das Bild durch Auswahl eines passenden Deckglases zu verbessern, oder dem schädlichen Einflusse eines nicht passenden Deckglases durch weiter unten aufzuführende Mittel entgegenzuwirken.

Auffallenderweise ist den wenigsten mikroskopischen Beobachtern dieser Einfluss der Deckgläser bekannt. Manche werden wohl die Beobachtung gemacht haben, dass bei Anwendung starker Objective das Bild schwieriger Objecte getrübt ist, wenn man dieselbe mit einem Deckglase bedeckt, allein wenige werden wissen, dass das Deckglas bei der Anwendung mancher Objective einen nothwendigen Bestandtheil des Mikroskopes bildet und dass es ebensowohl zur Verbesserung, als zur Verschlechterung des Bildes beitragen kann.

Bei den meisten Mikroskopen, namentlich denen von *Plössl*, erweisst sich der Einfluss der Deckgläser als unbedingt schädlich, indem die meisten Optiker ihre Objective auf die Weise construiren, dass sie unbedeckte Objecte am schärfsten zeigen. Eine Ausnahme machen in dieser Hinsicht die Mikroskope von *Oberhäuser*, deren starke Objective ein dünnes Deckglas erfordern; es ist diese Einrichtung nicht absichtlich von *Oberhäuser* denselben gegeben worden, sondern die Folge davon, dass das Probeobject, dessen er sich bei der Zusammensetzung seiner Objective zur Prüfung derselben bedient, unter einem Deckglase liegt.

Das Verdienst, bei der Verfertigung der Objective die genaueste Rücksicht auf das Deckglas zu nehmen, erwarb sich *Amici*, welcher nicht nur schon längst (seit 1829) den Einfluss

der Deckgläser kannte, sondern auch das Mittel fand, ihn vollkommen unschädlich zu machen. Anstatt nämlich seine Objective so zu construiren, dass sie ein frei liegendes Object am deutlichsten zeigen, gibt *Amici* nur einem Theile seiner Objective diese Einrichtung und bringt bei der Mehrzahl derselben absichtlich solche Abweichungen von der richtigen Form an, dass sie durch die entgegengesetzten Wirkungen des Deckglases ausgeglichen werden. Bei diesen Objectiven bildet daher das Deckglas einen integrirenden und wesentlichen Theil vom optischen Apparate des Instrumentes, und es wird nur bei Anwendung eines Deckglases von ganz bestimmter Dicke ein gutes Bild erhalten. Die Mittel hiezu liegen theils in der Construction der Objective selbst, theils in der Anwendung von Hülfslinsen, welche hinter solche Objective, die zur Betrachtung frei liegender Objecte dienen, geschraubt werden und die sphärische Aberration derselben ändern.

Der Grund, aus welchem Deckgläser einen so bedeutenden Einfluss auf das mikroskopische Bild ausüben, ist folgender. Das Object schickt auf die vordere Fläche des Objectives einen Bündel divergirender Strahlen aus. Verfolgen wir nun den Weg divergirender Strahlen (Tab. I. fig. 9. B. a. a. B. b. b.) durch ein Planglas (A. A'), so finden wir dass dieselben nach ihrem Austritte aus der zweiten (oberen) Fläche des Glases eine solche Lage (c. d. und e. f.) angenommen haben, dass sie rückwärts verlängert im Ganzen genommen von einem Punkte herzukommen scheinen, welcher etwa um ein Drittheil der Dicke des Deckglases höher als das Object selbst liegt, wesshalb auch ein Object, auf welches das Mikroskop eingestellt ist, wenn man ein Deckglas über dasselbe legt, um diese Grösse vom Objective entfernt werden muss, um durch das Glas deutlich gesehen zu werden. Ausserdem aber, und dieses ist der hier vorzugsweise in Betracht kommende Punkt, findet man, dass die rückwärts verlängerten Strahlen nicht mehr in einem gemeinschaftlichen Punkte zusammentreffen, sondern dass die von der Achse C. B stärker divergirenden

Strahlen in einem höher oben gelegenen Punkte sich vereinigen, als die der Achse näher liegenden. Ein von sphärischer Aberration freies Mikroskop, welches die von einem Punkte ausgehenden Strahlen wieder in einen Punkt vereinigt und welches folglich von frei liegenden Objecten ein scharfes Bild entwirft, kann daher von einem unter einem Deckglase liegenden Objecte unmöglicherweise ein deutliches Bild geben, indem die von einem Punkte des Objectes ausgehenden Strahlen in Folge der Einwirkung des Deckglases in einer solchen Richtung zum Objective gelangen, als kämen die am Rande des Objectives eintretenden Strahlen von einem höher gelegenen Punkte, als die in die Mitte des Objectives eintretenden. Das Deckglas bringt daher im mikroskopischen Bilde denselben Fehler hervor, wie ein in Beziehung auf sphärische Aberration übercorrigirtes Objectiv, woraus folgt, dass, wenn ein Deckglas angewendet werden soll, das Objectiv nur bis zu einem gewissen Grade in Hinsicht auf sphärische Abweichung corrigirt sein darf. Es zeigt auch die Untersuchung der *Amici*'schen Objective in der That, dass dieselben untercorrigirt sind.

Da die Kenntniss dieses Einflusses der Deckgläser von der höchsten praktischen Wichtigkeit ist, indem man mit den besten Mikroskopen nur ein unvollkommenes Bild erhält, wenn man nicht die genaueste Rücksicht auf dieses Verhältniss nimmt, so glaube ich nur im Interesse meiner Leser zu handeln, wenn ich auf dieses Verhältniss etwas genauer eingehe. Ich selbst habe, wie ich offen gestehe, ehe ich durch *Amici* auf diesen Einfluss der Deckgläser aufmerksam gemacht wurde und ihn bei meinen Mikroskopen mit Sorgfalt untersuchte, bei den meisten meiner früheren mikroskopischen Beobachtungen durch Vernachlässigung dieses Punktes und unpassende Wahl der Deckgläser der Schärfe des mikroskopischen Bildes bedeutend geschadet und muss einem Jeden den Rath geben, durch Versuche auszumitteln, welche Dicke des Deckglases für die verschiedenen Objective seines

Mikroskopes die passendste ist, oder wenigstens den geringsten Schaden bringt, indem nicht jeder mit Objectiven versehen sein wird, welche ein Deckglas ohne Schaden ertragen können.

Beim Gebrauche schwacher Objective ist der Einfluss des Deckglases ganz unmerklich und kann völlig vernachlässigt werden. Das schwächste meiner *Amici*'schen Objectivsysteme besteht z.B. aus drei Objectiven von 4‴, 5 Oeffnung, seine unterste Linse steht 7‴ vom Objecte ab und dasselbe gibt mit dem schwächsten zum Mikroskope gehörigen Oculare je nach der Länge der Röhre eine 27 bis 56mahlige Vergrösserung; beim Gebrauche dieses Objectives ist es vollkommen gleichgültig, ob ich das Object frei oder unter einem Deckglase von der Dicke mehrerer Millimeter betrachte. Ganz anders verhält es sich dagegen mit den stärkeren Objectiven, welche mit demselben Oculare Vergrösserungen von 100 und mehr Durchmessern geben, indem bei diesen entweder gar kein Deckglas zulässig ist oder ein solches von bestimmter Dicke erforderlich ist.

Die Dicke des Deckglases darf bei demselben Objective innerhalb gewisser Grenzen schwanken, ohne dass die Deutlichkeit des Bildes dadurch in einem merklichen Grade verändert wird. Diese Grenzen sind aber, wenn man das Objectiv an schwierigen Objecten prüft, um sehr geringe Unterschiede in der Beschaffenheit des Bildes erkennen zu können, einander ziemlich genähert und zwar desto mehr, je stärker das Objectiv ist. Einige Beispiele werden dieses deutlicher machen. Ich besitze drei *Amici*'sche Objective, welche ich mit A, B und C bezeichnen will und welche mit dem schwächsten Oculare Vergrösserungen von 188, 292 und 300 geben; die Dicke der Deckgläser darf bei Objectiv A zwischen 1,2 und 1,6 Millimeter schwanken, bei Objectiv B zwischen 1,2 bis 1,5, bei Objectiv C zwischen 1,2 bis 1,4. Bei einem ferneren *Amici*'schen Objective (D), dessen Vergrösserung ebenfalls 300 beträgt, schwankt die Dicke der brauchbaren Deckgläser zwischen 0,15 und 0,35 Millimeter, bei

einem ferneren (E), welches 500 mahl vergrössert, liegt die Grenze zwischen 0,15 und 0,25 Millim., bei einem ausgezeichnet guten *Plössl*'schen Objective (nro 5—7), welches ich mit F bezeichnen will, und welches an das *Amici*'sche Mikroskop angeschraubt eine Vergrösserung von 300 gibt, schwankt die Dicke des Deckglases zwischen 0,2 bis 0,3 Millim. Man sieht also deutlich, dass der Einfluss des Deckglases mit der Stärke des Objectives zunimmt.

Eine kleine Reihe von Versuchen wird Jeden, welcher ein mit starken Objectiven versehenes Mikroskop besitzt, diesen Einfluss erkennen lassen und es wird mir Jeder, welcher diesen Einfluss erkannt hat, Recht geben, wenn ich behaupte, dass wer diesen Einfluss nicht beachtet, von seinem Mikroskope kaum die Hälfte der Leistungen erhält, die er mit Beachtung desselben zu erhalten im Stande ist.

Die Dicke des Deckglases hängt aber nicht blos von der Construction des Objectives, sondern auch von der Länge der Mikroskopröhre ab. Bekanntlich nimmt mit der Kürze der letzteren die Vergrösserung des Mikroskopes ab; dass dabei auch die Deutlichkeit des Bildes gestört werden kann, haben wohl mit mir auch schon andere Beobachter gefunden, wenigstens *Pritchard*, welcher (micr. illustrat. 101) mit Recht bemerkt, dass dadurch die Correction des Objectives gestört werde. Dieses ist aber nicht sowohl eine Störung, als eine Aenderung zu nennen, für welche man in der Aenderung der Dicke des Deckglases eine Correction besitzt. Je mehr man nämlich die Röhre verkürzt, desto mehr muss man die Dicke des Deckglases vermehren. Einige Beispiele werden dieses erläutern. Das vorhin angeführte Objectiv A bedarf bei einer 5″ 4‴ langen Röhre ein Deckglas von 1,2 bis 1,6 Millimeter, bei einer Röhre von 3″ 11‴ Länge ein Deckglas von 1,3 bis 1,8 Millim. Dicke, bei einer Röhre von 2″ 6‴ Länge ein Deckglas von 1,8 bis 2,3 Mill. Dicke; das Objectiv B erfordert bei diesen Röhrenlängen Deckgläser von

1,2 bis 1,5; 1,3 bis 1,6 und 1,5 bis 1,8 Millimeter Dicke; ein *Amici*'sches Objectiv, welches bei einer Röhre von 5″ 4‴ Länge eine 483mahlige Vergrösserung gibt und zur Beobachtung frei liegender Gegenstände passt, erträgt bei einer Röhrenlänge von 3″ 11‴ ein Deckglas von 0,15 Dicke, erfordert aber ein solches noch nicht nothwendig, während es bei einer Röhrenlänge von 2″ 6‴ ein Deckglas von 0,15 bis 0,2 Millim. Dicke nöthig hat.

Drittens erfordert dasselbe Objectiv beim Gebrauche verschiedener Oculare, welche nicht die gleiche Construction besitzen, Deckgläser von abweichender Dicke. So gibt z. B. das oben erwähnte *Plössl*'sche Objectiv (F) mit einem *Plössl*'schen Oculare das beste Bild, wenn es ohne Deckglas gebraucht wird, während es mit einem *Amici*'schen Oculare von sehr eigenthümlicher Construction (dasselbe besteht aus einem doppelt aber ungleich convexen Collectivglase und einer, in chromatischer Beziehung übercorrigirten planconvexen achromatischen Ocularlinse) ein Deckglas von 0,2 bis 0,3 Millim. Dicke erfordert.

Endlich lässt sich für jedes Objectiv die Dicke des Deckglases steigern, wenn man zwischen Objectiv und Ocular eine achromatische Concavlinse bringt; so erfordert z. B. das oben angeführte Objectiv A unter diesen Umständen bei der von mir angewendeten Linse (von etwa 48‴ negativer Brennweite) ein Deckglas von 2,3 bis 2,5 Millim. Dicke.

Manche Leser, welche bei ihren Mikroskopen ähnliche Erfahrungen noch nicht gemacht haben, werden der Ansicht sein, es sei minutiöse Kleinigkeitskrämerei, die ich hier zu Markte bringe; allein dem ist nicht so, und ich wiederhole es, wer diese Umstände nicht beachtet, kann von seinem Mikroskope lange nicht die Leistungen erhalten, deren es fähig ist. Andere könnten glauben, die angeführte Eigenschaft sei nur eine Eigenthümlichkeit der *Amici*'schen Objective. Dem ist aber keineswegs also; ich habe schon angeführt, dass auch bei den *Plössl*'schen Objectiven sich ganz dieselben Erscheinungen zeigen, ebenso findet

man dieselben bei den starken Objectiven von *Oberhäuser* u. A., wie das auch nach dem oben über die Veränderungen, welche divergirende Strahlen beim Durchgange durch ein Planglas erleiden, Gesagten nicht anders sein kann. Dass die Sache bisher meistens übersehen wurde, liegt theils darin, dass diese Erscheinung bei schwachen Objectiven fehlt, oder wenigstens beinahe unmerklich ist, theils darin, dass man sie in ihrer vollen Schärfe nur bei Untersuchung geeigneter Probeobjecte, welche kleine Unterschiede in der Schärfe des Bildes erkennen lassen, auffallend sieht.

Hat man ein Mikroskop, dessen Objective die Objecte ohne Anwendung von Deckgläsern am schärfsten zeigen, so wird man unter allen Umständen, unter denen man ein Deckglas gebrauchen muss, das Bild verschlechtern. Es ist dieses ein grosser Uebelstand, dem man jedoch entgegenwirken kann. Einmahl wird man in diesem Falle gut thun, Deckgläser von der möglichst geringen Dicke zu gebrauchen *), anderntheils kann man durch Verkürzung der Röhre und Anwendung von achromatischen Concavlinsen die sphärische Abweichung des Objectives corrigiren.

*) Sehr dünne, geschliffene Deckgläser (von 0,15—0,3 Millim. Dicke) kann man sich um einen verhältnissmässig sehr geringen Preis bei *Oberhäuser* in Paris verschaffen. Will man, was allerdings bei solchen Mikroskopen, so wie bei starken einfachen Linsen zweckmässig ist, noch dünnere Deckgläser anwenden, so ist es wohl am besten, dieselben nach der Methode von *Harting* dadurch zu verfertigen, dass man an eine Glasröhre vor der Lampe eine Kugel anbläst und diese durch starkes Hineinblasen so weit aufbläst, bis sie zerreisst, wo alsdann die Ränder der zerrissenen Kugel aus einem ungemein dünnen Glashäutchen bestehen. Eine grosse Unbequemlichkeit ist es, dass Glasplättchen, welche unter 0,2 Millim. Dicke haben, ausserordentlich zerbrechlich sind. In dieser Hinsicht wird die Entdeckung meines verehrten Freundes Prof. *Schönbein* in Basel, das Papier durchsichtig zu machen, für den mikroskopischen Beobachter von grösster Wichtigkeit werden, indem derselbe glasartig durchsichtige Membranen von beliebig geringer Dicke darstellen kann, welche mit dem grössten Vortheile statt der Deckgläser verwendet werden können.

Die Nothwendigkeit, sehr dünne Deckgläser verwenden zu müssen, um ein gutes Bild zu erhalten, ist ein grosser Uebelstand bei den meisten Mikroskopen, indem für die meisten Beobachtungen, bei welchen nicht eine mehr als 200 bis 300mahlige, Vergrösserung nothwendig ist, die Anwendung von dicken Deckgläsern grosse Vorzüge hat, indem nur diese eine Quetschung des Objectes, ein Umherrollen zwischen den Gläsern und ähnliche mechanische Manipulationen möglich machen, und man ausserdem beim Gebrauche dicker Deckgläser vielerlei Unannehmlichkeiten (dem Ueberfliessen des Wassers auf ihre obere Seite u. s. w.) entgeht, die mit dem Gebrauche dünner Gläser verbunden sind. Auch die genaue Betrachtung von Präparaten, welche zwischen Glasplatten aufbewahrt werden, ist nur mit einem Mikroskope, welches den Gebrauch dicker Deckgläser zulässt, möglich; schon dieser Umstand allein würde es wünschenswerth machen, dass künftighin alle Mikroskope mit ein paar Objectiven versehen würden, welche für ein Deckglas von etwa 1,5 Millim. Dicke passen, denn die Aufbewahrung von Präparaten unter dünnen pariser Deckgläschen ist nicht blos kostspielig, sondern es sind solche Präparate auch wegen der leichten Zerbrechlichkeit der sehr dünnen Gläser dem Verderben gar zu sehr ausgesetzt.

Es ist nicht zu läugnen, dass der Einfluss, welchen die Deckgläser auf die Deutlichkeit des mikroskopischen Bildes ausüben, die Beobachtung erschwert und zeitraubender macht, da man zu sehr starken Objectiven wegen der geringen Entfernung, in der sie vom Objecte abstehen, nur dünne Deckgläser verwenden kann und desshalb nicht selten in den Fall kommt, wenn man die Präparate mit schwächeren Objectiven und einem dicken Deckglase untersucht hat, das letztere mit einem dünnen verwechseln zu müssen, um starke Vergrösserungen anwenden zu können. Dieses ist ein Uebelstand, allein die Sache lässt sich einmahl nicht ändern und es wäre thöricht, sich der Nothwendigkeit nicht fügen zu wollen, sondern lieber bei starken Vergrösserungen auf grosse

Schärfe des Bildes zu verzichten, als sich der Unbequemlichkeit zu unterwerfen, Deckgläser von bestimmter, für jedes Objectiv am besten passender Dicke anzuwenden.

In welcher Art das Bild leidet, wenn man Deckgläser von einer nicht passenden Dicke anwendet, hierüber wird sich Jeder am besten durch eigene Versuche überzeugen und wird dadurch die Erscheinungen besser kennen lernen, als wenn ich eine weitläufige Beschreibung derselben gebe. Nur so viel will ich anführen, dass das Bild, sowohl bei einem zu dicken, als einem zu dünnen Deckglase auf eine eigenthümliche Weise die Schärfe seiner Umrisse verliert und milchig wird und dass durch ein zu dickes Deckglas hauptsächlich die penetrirende Kraft des Mikroskopes leidet, wesshalb es besser ist, eher ein zu dünnes, als ein zu dickes Deckglas zu verwenden, wenn man kein vollkommen passendes besitzt.

Dünnere Deckgläser (bis zu etwa 0,8 Millim. Dicke) muss man sich vom Optiker schleifen lassen, dickere erwirbt man sich leicht mit sehr unbedeutenden Kosten, indem man sie aus Spiegeln ausschneidet. Die im Handel vorkommenden Spiegel sind freilich in sehr unvollkommenem Grade eben geschliffen und sind an einzelnen Stellen dicker als an andern, allein diese Abweichungen von der genauen Form sind gerade für diesen Zweck in hohem Grade förderlich, indem man aus derselben Spiegelplatte Deckgläser, die um mehrere Zehntel eines Millimeters in ihrer Dicke abweichen, ausschneiden kann, und die sehr geringe Abweichung von der ebenen Form und parallelen Lage beider Flächen, welche sich am einzelnen, auf diese Weise erhaltenen Deckgläschen finden, ohne allen Schaden sind. Man kann sich auf diese Weise leicht eine Menge von Deckgläsern verschaffen, die von Zehntel zu Zehntel Millimeter an Dicke zunehmen und aus welchen man sich die für die verschiedenen Objective passenden, ausliest. Zur Messung ihrer Dicke bedarf es keines sehr genauen Apparates, indem es vollkommen hinreicht, wenn der

Messapparat $^1/_{10}$ Millimeter angibt und $^1/_{20}$ Mill. schätzen lässt; ich bediene mich hiezu eines kleinen in Millimeter getheilten und mit einem Nonius versehenen Schieberlineals, von dem Tab II. fig. 10 eine Abbildung zeigt.

Aus dem Angeführten erhellt, dass jedes Mikroskop drei Reihen von Objectiven besitzen sollte, 1) solche zur Beobachtung ohne Deckglas 2) solche, die zur Beobachtung unter dicken Deckgläsern (etwa von der Dicke von 1,2 bis 1,5 Millimeter) tauglich sind, 3) solche, die Deckgläser von etwa 0,25 Millim. Dicke erfordern. Objective der zweiten Art können noch Vergrösserungen von 300mahl ganz gut geben; für stärkere Vergrösserungen müssen alsdann Objective der dritten Art verwendet werden. Für schwache Vergrösserungen, d. h. für solche, welche nicht über ungefähr 60 Durchmesser steigen, reichen dagegen dieselben Objective aus, mögen die Objecte unter einem Deckglase liegen oder frei sein.

---

6. Von der Prüfung des Mikroskops.

Obgleich im Allgemeinen der Grundsatz feststeht, dass dasjenige Mikroskop das bessere ist, mit welchem man mehr sieht, als mit einem andern, und die meisten Besitzer eines Mikroskopes zufrieden sein werden, wenn sie sich durch Vergleichung ihres Instrumentes mit andern, oder durch Prüfung von Probeobjecten davon überzeugt haben, dass ihr Instrument den Leistungen, die sie von ihm erwarten, entspreche, so wird es doch für Viele von Interesse sein, die Mittel zu kennen, mittelst deren man sich überzeugen kann, ob ein Mikroskop den Anforderungen, welche der gegenwärtige Zustand der praktischen Optik stellt, entspricht, oder ob in seiner Ausführung Fehler begangen wurden, welche vielleicht eine Correction zulassen.

Vor allem kommt in dieser Beziehung in Betracht, ob die

Objective in Hinsicht auf sphärische und chromatische Aberration bedeutende Fehler besitzen. Zur Prüfung dieser Verhältnisse haben *Lister* (phil. transact 1830) und vorzugsweise Dr. *Goring* (micr. cabinet. 197; micr. illustrat. 270) auf eine sehr gute Methode hingewiesen und es ist für Jeden, der sich mit dem Mikroskope beschäftigt, von Interesse, sich durch eigene Beobachtungen die Fertigkeit zu erwerben, die Erscheinungen, welche von diesen Abweichungen abhängen, erkennen zu können.

Man bringe einige kleine Quecksilbertröpfchen auf eine schwarze, matte Platte z. B. von Ebenholz und betrachte durch das Mikroskop das glänzende, von einem solchen Tropfen reflectirte Bildchen eines Fensters. Bei schwachen Vergrösserungen und namentlich zur Untersuchung der chromatischen Aberration wähle man hiezu grössere, bei stärkeren Vergrösserungen und zur Untersuchung der sphärischen Aberration sehr kleine, mit blosem Auge kaum sichtbare Kügelchen.

Die Erscheinungen, die von der sphärischen Aberration der Gläser abhängen, wird man sich am deutlichsten machen, wenn man jenes Bildchen zuerst mit Hülfe einer von sphärischer und chromatischer Aberration möglichst freien Linsencombination betrachtet, z. B. mit einem mehrfachen, möglichst achromatischen Objectivsysteme, einer guten achromatischen Lupe u. s. w. Wenn das Bildchen im Focus steht, so wird man dasselbe scharf begrenzt und frei von jedem Lichtsaume sehen. Hebt man den Quecksilbertropfen über den Focus in die Höhe, so verschwindet das Bildchen schnell und breitet sich in eine helle Lichtscheibe aus, deren Rand heller als die Mitte ist und (vorausgesetzt, dass die Linsen nicht in chromatischer Beziehung übercorrigirt sind) einen röthlichen Saum hat. Senkt man den Tropfen unter den Focus hinunter, so verschwindet das Bild des Fensters ebenfalls schnell und breitet sich in eine Lichtscheibe von schwächerer Intensität aus, welche einen bläulich gefärbten Saum hat.

Wendet man nun die achromatischen Linsen um, so dass

ihre convexe Seite gegen das Object gewendet ist, bei welcher Stellung bekanntlich eine sehr starke sphärische Aberration stattfindet, wesshalb man solche Linsen in sphärischer Beziehung stark untercorrigirt nennen kann, so werden nun die Erscheinungen wesentlich geändert sein. Wenn man nämlich nun das Bildchen möglichst genau in den Focus bringt, so ist es rings mit einem Lichtnebel umgeben, welcher wenn man das Object abwärts schraubt sich mehr und mehr ausbreitet und in die vorher beschriebene am Rande bläuliche Lichtscheibe übergeht, in deren Mitte nun aber nicht, wie im vorigen Falle, das Bildchen gleich beim Abwärtsschrauben verschwindet, sondern noch eine Zeit lang, bis das Quecksilbertröpfchen eine Strecke weit abwärts geschraubt ist, sichtbar bleibt. Schraubt man über den Focus aufwärts, so zieht sich der Lichtnebel zusammen und breitet sich beim Höherschrauben in die hellere, aussen röthlich gefärbte Lichtscheibe aus. Ehe dieses aber noch geschieht, ist in dem Bildchen keine Spur vom Detail der Fensterrahmen mehr zu sehen, so dass also beim Aufwärtsschrauben vom Focus aus das Bildchen weit schneller, als beim Abwärtsschrauben verschwindet.

Macht man diese Beobachtungen mit einer nicht achromatischen planconvexen Linse, so zeigen sich dieselben Erscheinungen, nur sind sie weit schwerer in ihrer Reinheit aufzufassen, weil sie mit lebhaften prismatischen Farben verbunden sind. Schraubt man eine sehr enge Blendung vor die mit der Planseite nach unten gewendete Linse, so fallen die beschriebenen Erscheinungen beinahe ganz hinweg, und es unterscheidet sich das Bild nur wenig von dem, welches man durch ein gutes achromatisches Linsensystem erhält.

Will man nun auf analoge Weise ein zusammengesetztes Mikroskop prüfen, so wähle man zuerst ein System von Objectivlinsen, welches zur Beobachtung ohne Deckglas tauglich ist; mit diesem werden die Erscheinungen dieselben sein, wie mit einem guten Linsensysteme, welches man als einfaches Mikroskop be-

nützt, d. h. wenn das Bild im Focus ist, so wird man es nicht mit einem Lichtnebel umgeben finden und es wird beim Auf- und Abwärtsschrauben ungefähr gleich schnell verschwinden. Von den Farbenerscheinungen, welche man dabei voraussichtlich beobachten wird und von welchen weiter unten die Rede sein wird, sehe man hiebei ab.

Wählt man ein Objectiv, welches ohne Anwendung eines Deckglases von bedeutender Dicke (z. B. von 1,5 Millim.) kein reines Bild gibt und wiederholt mit diesem die Beobachtungen, so treten nun die Erscheinungen in hohem Grade ein, welche ich oben als Kennzeichen der sphärischen Abweichung angeführt habe, wobei es ganz gleichgültig ist, ob das Mikroskop in chromatischer Beziehung über- oder untercorrigirt ist. Klebt man vor das Objectiv ein Deckgläschen von gehöriger Dicke, so zeigt es nun das Bild des Fensters auf dieselbe Weise, wie ein in Beziehung auf sphärische Aberration corrigirtes Objectiv, ohne dass hiebei die chromatische Abweichung eine sehr merkliche Abänderung erleidet.

Da ich keine in sphärischer Beziehung in sehr merklichem Grade übercorrigirte Objective *) besitze, so rief ich die Erscheinung künstlich dadurch hervor, dass ich vor ein gehörig corrigirtes *Plössl*'sches Objectiv ein 2,4 Millim. dickes Deckglas klebte und durch dasselbe den Quecksilbertropfen betrachtete. Die Erscheinungen waren nun in der That die entgegengesetzten von einem untercorrigirten Objective, insoferne wenn ich den Quecksilbertropfen über den Focus stellte und abwärts schraubte, wobei wie immer die Lichtscheibe sich zusammenzog, diese noch nicht ganz verschwunden war, als das Bild von dem Fensterrahmen zum Vorschein kam und beim weiteren Abwärtsschrauben wieder verschwand, ehe noch die entgegengesetzte Lichtscheibe auftrat.

*) Die von *Plössl* seinem Hydro-oxygengas-mikroskop beigegebenen Objective sind allerdings etwas, aber wenig übercorrigirt.

Es wird durch diesen Versuch vollkommen bestätigt, was ich weiter oben über die Wirkung der Deckgläser anführte und ich wiederhole bei dieser Gelegenheit, dass man sich hüten muss, durch ein zu dickes Deckglas ein Objectiv überzucorrigiren, indem dadurch der Schärfe des Bildes ein grösserer Eintrag geschieht, als wenn man einen Theil der sphärischen Aberration uncorrigirt lässt.

Da ein gewisser Abstand des Objectives vom Quecksilbertropfen nöthig ist, damit das Bild des Fensters sich auf demselben abspiegeln kann, so schlug *Goring* zur Prüfung starker Objective vor, mittelst durchgehenden Lichtes kleine Luftbläschen zu betrachten, welche in eine Schichte von Canadabalsam zwischen zwei Gläsern eingeschlossen sind, indem diese die gleichen Erscheinungen, wie der Quecksilbertropfen, zeigen. Dieses ist zwar ganz richtig, allein es ist unendlich schwerer, bei diesem Objecte die beschriebenen Erscheinungen zu erkennen und es wird namentlich bei starken Objectiven durch die Dicke der Glasplatte, welche über der Balsamschichte liegt, die sphärische Aberration des Objectives so stark verändert, dass dieses Mittel ein höchst zweideutiges wird, um die wirkliche Beschaffenheit des Objectives zu erkennen.

Ein anderes, jedoch weniger scharfes Prüfungsmittel der sphärischen Aberration wurde ebenfalls von Dr. *Goring* vorgeschlagen, nämlich die Betrachtung weisser Figuren auf schwarzem Grunde. *Goring* verwendete hiezu ein emaillirtes schwarzes Zifferblatt mit weissen Figuren; ich gebrauchte in Ermanglung eines solchen zu diesem Zwecke eine Glasplatte, welche ich mit einer dicken Schichte von Tusche überzog, in welche ich mit einer Nadel kleine Kreise u. drgl. Figuren einschnitt, die ich bei von unten einfallendem Lichte betrachtete. Stellt man das mit einem von sphärischer Aberration freien Objective versehene Mikroskop auf einen solchen hellen Kreis ein, so erscheint er vom schwarzen Grunde scharf abgeschnitten, ohne einen densel-

den umgebenden Lichtnebel, bringt man ihn aus dem Focus, so breitet er sich unter Verwischung seiner scharf begrenzten Ränder aus, ohne einen starken Lichtnebel auswärts oder einwärts über das schwarze Gesichtsfeld zu verbreiten. Ist das Objectiv untercorrigirt und man schraubt den Kreis vom Focus abwärts, so verbreitet sich ein starker Lichtnebel von demselben gegen das Centrum und auswärts, durch welchen Nebel man eine Strecke weit die ursprüngliche Form des Kreises mit hellem Lichte durchscheinen sieht, schraubt man ihn aufwärts über den Focus, so breitet sich der Kreis mit hellem Lichte und verwaschenen Rändern aus, ohne jedoch in seine weitere Umgebung einen Lichtnebel auszuschicken, wesshalb das Gesichtsfeld ganz schwarz bleibt. Bei einem übercorrigirten Objective treten beim Auf- und Abwärtsschrauben die entgegengesetzten Erscheinungen ein.

Der zweite wichtige Punkt, den man bei Prüfung der Objective zu beachten hat, ist die mehr oder weniger starke chromatische Aberration. Vollkommen achromatische Objective sind gar nicht herzustellen, indem es kein Mittel gibt, das secundäre Spectrum zu entfernen; allein gewöhnlich sind die Objective weit entfernt, sich der äussersten Fehlergrenze zu nähern, sondern zeigen, wenn man mit ihnen das auf einem Quecksilbertropfen sich abspiegelnde Bild eines Fensters untersucht, bedeutende Farbensäume. Da es eine Unmöglichkeit ist, Objective von so kleinen Dimensionen nach Berechnungen zu schleifen, sondern da die Zusammensetzung derselben auf Tatonnement beruht, so lässt sich schon im voraus erwarten, dass es den Optikern nicht immer gelingt, die Farbenzerstreuung der Convexlinse durch die entgegengesetzte der Concavlinse zu corrigiren, sondern dass sehr häufig die Correction nicht erreicht wird, oder dass die Linse übercorrigirt wird. Dieses zeigt nun auch die Erfahrung durchaus. Bei Untersuchung dieses Verhältnisses darf man natürlicherweise bei solchen Objectiven, welche nicht einzeln gebraucht werden können, sondern welche aus mehreren zu einem System

verbundenen Linsen bestehen, nicht die einzelnen Objective sondern nur das System als Ganzes untersuchen, indem in diesen Systemen häufig einzelne Objective stark untercorrigirt, andere stark übercorrigirt sind.

Betrachtet man das Bildchen des Fensters auf einem Quecksilbertropfen durch eine einfache nicht achromatische Linse, oder durch ein Dublet, so wird der Lichtkreis, in welchen sich das Bild auflässt, wenn der Quecksilbertropfen innerhalb des Focus zu stehen kommt, mit einem starken rothen Saume umgeben sein und der Lichtkreis, welcher beim Abwärtsschrauben unter den Focus entsteht, von einem blauen Saume eigefasst sein.

Prüft man nun, nachdem man sich mit diesen Erscheinungen bekannt gemacht hat, ein achromatisches Mikroskop auf dieselbe Weise, so wird dieses nicht achromatisch sein, sondern immer, wenn auch in viel minderem Grade, Farbensäume zeigen. Die Farbenerscheinungen werden nun aber in der Regel die entgegengesetzten von den vorhin angeführten sein, d. h. man wird, wenn man den Quecksilbertropfen zwischen den Focus und das Objectiv bringt, das helle Bild des Fensters von einem blauen Saume, und wenn man den Tropfen ausserhalb des Focus stellt, von einem rothen Saume eingefasst finden. Es ist also die Farbenzerstreuung nicht blos gehoben, sondern in die entgegengesetzte übergeführt, das Instrument in chromatischer Beziehung übercorrigirt. Ich sagte, man wird es in der Regel so finden, wenigstens fand ich dieses bei Untersuchung einer Anzahl von Mikroskopen, die aus den Werkstätten von *Fraunhofer*, *Plössl*, *Oberhäuser* und *Amici* hervorgegangen waren und zwar bei allen Linsencombinationen derselben, mit Ausnahme zweier *Amici*'scher Objective, welche übrigens kaum als normal construirte Objectivsysteme betrachtet werden können, insoferne *Amici* zu einem derselben eine Hülfslinse verfertigte, durch welche dasselbe ebenfalls übercorrigirt wird, und das zweite, welches ein sehr dickes Deckglas erfordert, beinahe mehr den Zweck hat, den

Einfluss der Deckgläser in einem frappanten Grade deutlich zu machen, als vielfach zu Beobachtungen verwendet zu werden.

Ich habe übrigens schon oben angeführt, dass diese Uebercorrection nur dann stattfindet, wenn die Röhre des Mikroskops eine gewisse Länge überschreitet, dass sie mit der Verkürzung der Röhre mehr und mehr abnimmt und bei noch weiterer Verkürzung in die entgegengesetzte Erscheinung übergeht.

Die Uebereinstimmung, welche alle von mir untersuchten Mikroskope darin zeigen, dass sie bis auf einen gewissen Grad in Hinsicht auf Farbenzerstreuung übercorrigirt sind, ist gewiss keine zufällige, sondern weisst darauf hin, dass die Verfertiger derselben es für das mikroskopische Sehen zuträglicher fanden, diese Farbenabweichung übrig zu lassen, als die entgegengesetzte. Dafür lässt sich auch ein bestimmter Grund anführen. Man betrachte einen Körper, der wie dieses bei organischen Körpern meistens der Fall ist, dünnere, vertiefte Stellen, welche im durchscheinenden Lichte heller erscheinen, und dickere, erhabene Stellen hat, welche bei jener Beleuchtung sich dunkler zeigen. An der Grenze dieser helleren und dunkleren Stellen wird man mit einem in chromatischer Beziehung übercorrigirten Mikroskope einen bläulichen, mit einem untercorrigirten einen röthlichen Saum verlaufen sehen. Die letztere Farbe wird als die hellere und grellere dem Auge unangenehmer sein, als die erstere. Auf die Schärfe des Bildes hat die Sache wohl keinen Einfluss, wie z. B. das vorhin angeführte untercorrigirte *Amici*'sche Objectiv ein ebenso scharfes Bild gibt, als wenn es durch die Hülfslinse übercorrigirt wird, allein dass das Auge bei der ersteren Einrichtung einen weniger unangenehmen Eindruck erhält, dafür spricht offenbar die Uebereinstimmung, mit welcher alle die angeführten Instrumente von ihren Verfertigern übercorrigirt wurden.

Bei Wiederholung der angeführten, an Quecksilberkügelchen angestellten Beobachtungen wird vielleicht Mancher, der

sein Mikroskop für ein achromatisches hielt, durch die starken Farbensäume, die dasselbe zeigt, überrascht sein, und in diesem Umstande einen sehr wesentlichen Fehler zu finden glauben. Ein Fehler ist diese Farbenzerstreuung allerdings, allein derselbe wird bei Betrachtung der gewöhnlichen Objecte, bei welchen sich keine so grelle Lichter neben schwarzen Stellen finden, in einem verhältnissmässig nur unbedeutenden Grade hervortreten. Auch ist zu bemerken, dass die Schärfe des Bildes nicht im geraden Verhältniss zur Achromaticität des Mikroskopes steht, sondern dass man zuweilen Instrumente trifft, in welchen die Farbenzerstreuung weit vollständiger, als in andern, gehoben ist und welche dennoch ein weit weniger scharfes Bild geben. Den wahren Prüfstein der Brauchbarkeit des Instrumentes bilden daher immer schwierige Probeobjecte; die vorhin angeführten Prüfungsmethoden zeigen dagegen, wo Fehler enthalten sind, und können in vielen Fällen das Mittel an die Hand geben, dieselben durch passende Anwendung von Deckgläsern, Correctionslinsen, Verkürzung und Verlängerung der Röhre zu corrigiren *).

Ein weiterer, sehr gewöhnlicher Fehler, besonders bei starken Objectiven, ist falsche Centrirung derselben in ihren Fassungen und falsche Centrirung der Fassungen untereinander und

*) Es mag erlaubt sein, an einem Beispiele zu zeigen, wie bedeutend solche auf genaue Kenntniss der Beschaffenheit des Bildes sich stützende Correctionen wirken können. Ein Freund von mir erhielt vor einiger Zeit ein sehr schön gearbeitetes Mikroskop von *Oberhäuser*, welches ich an Probeobjecten prüfte. Es war keine Möglichkeit, mit den stärksten Objectiven auf den Schuppen von *Hipparchia Janira* die Querlinien zu sehen, und die Beschaffenheit des Bildes zeigte, dass das Instrument in sphärischer Beziehung übercorrigirt war. Die Röhre des Mikroskopes war 9″ lang. Ich schraubte nun die Objective an ein Mikroskop an, dessen Röhre sich verkürzen lässt, und nun zeigten sie mit den gleichen Ocularen, als ich die Röhre um $1\frac{1}{2}$ Zoll verkürzte, jene Querlinien aufs deutlichste und schöner, als ich sie je mit einem nicht von *Amici* verfertigten Mikroskope gesehen hatte.

zum Körper des Mikroskopes. Die Theorie muss die Forderung stellen, dass die Achse aller Linsen mit der Achse der Mikroskopröhre zusammenfalle; allein bei der geringen Grösse der Mikroskopobjective hat man kein mechanisches Mittel, um namentlich bei sehr kleinen Concavlinsen dieser Forderung volles Genüge zu leisten, und es ist reiner Zufall, wenn es geschieht. Wie weit die Objective der besten Werkstätten von richtiger Centrirung abweichen, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man starke Objective an den Mikroskopkörper anschraubt, das Object in die Mitte des Gesichtsfeldes bringt und nun das ganze Objectivsystem etwas um seine Achse dreht (wobei man es natürlicherweise etwas losschrauben muss), oder wenn man die einzelnen Linsen gegeneinander dreht, oder wenn man im Falle, dass das Mikroskop diese Bewegung zulässt, die ganze Mikroskopröhre um ihre Achse dreht. Wären die Linsen und die Fassungen gehörig centrirt, so müsste das Bild in der Mitte des Gesichtsfeldes stehen bleiben; das wird aber bei der grossen Mehrzahl der Mikroskope nicht entfernt der Fall sein, sondern es wird das Bild einen excentrischen Kreis beschreiben, welcher bei starken Objectiven oft so gross ist, dass ein Theil desselben ausserhalb des Gesichtsfeldes fällt. Eine solche fehlerhafte Centrirung kann nicht anders, als schädlich auf die Reinheit des Bildes wirken, indem sie mehr oder weniger mit Verzerrung des Bildes nach einer Seite hin verbunden ist. Besitzt man Objective, die auf eine sehr bemerkbare Weise an diesem Fehler leiden, so liegt natürlicherweise der Wunsch der Verbesserung nahe; allein diese ist schwer. Bei der geringen Grösse der Fassungen und bei der geringen Entfernung der Linsen eines Systems von einander ist nicht daran zu denken, dass man durch Druck- und Stellschrauben die Stellung der Linsen zu einander und zu der Mikroskopröhre corrigiren kann, wenigstens müsste die ganze Art der Fassung eine von der gegenwärtig üblichen gänzlich verschieden sein. Man müsste also neue, sorgfältiger gearbeitete Fassungen machen lassen, wenn man in

diesen den Fehler auffindet, oder den Linsen in den Fassungen eine andere Lage geben; zu beidem möchte ich aber in den wenigsten Fällen rathen, denn bei dem grossen Einflusse, welchen auch nur sehr geringe Aenderungen der gegenseitigen Entfernung der Linsen auf das mikroskopische Bild äussern, wird man grosse Gefahr laufen, die Leistungen derselben eher zu vermindern, als zu erhöhen. Ein Hülfsmittel, welches *Amici* an seinen neueren Mikroskopen anbrachte, das aber freilich nur ein unvollkommenes ist, besteht darin, dass er die Röhre durch eine Bajonetverbindung am Stative befestigt und sie dadurch um ihre Achse drehbar macht. Man findet auch wirklich, dass man in einzelnen schwierigen Fällen, z. B. bei schwer zu sehenden Linien von Schmetterlingsschuppen, zuweilen ein deutlicheres Bild erhält, wenn man das Mikroskop um einen gewissen Winkel dreht und das Object wieder in die Mitte des Gesichtsfeldes bringt. Mir scheint der Nutzen dieser Procedur darauf zu beruhen, dass man durch dieselbe diejenige Stelle des Objectives, welche die geringste Abweichung zeigt, rechtwinklig auf die Richtung der zu beobachtenden Linien zu stellen im Stande ist; hiebei muss ich jedoch bemerken, dass *Amici* eine andere Erklärung gibt, indem er mir in Beziehung auf dieses Verfahren schrieb, er hätte diese Einrichtung getroffen, damit man durch eine Abweichung des Auges eine entgegengesetzte des Instrumentes ausgleichen könne. Ich erlaube mir, die hierauf sich beziehenden Worte *Amici's* beizusetzen: „Una delle avvertenze utili per vedere con più precisione gli oggetti è quella di girare il tubo, ossia corpo del microscopio con obbiettivi ed oculare, intorno il proprio asse (cosa che si eseguisce perchè entra nel suo braccio o sostegno a bajonetta) per trovare quella posizione migliore che l'aberrazione dell' occhio distrugge quella che potesse esistere contraria nell' istrumento. Con questa operazione si giunge a scoprire nell' illuminazione obbliqua delle linee di tale finezza che non si scoprireb-

bero in altre posizioni degli obbiettivi rispetto all' occhio dell' osservatore."

Endlich muss ich auf einen Umstand aufmerksam machen, welcher, wenn er an einem Objective eintritt, sehr übel ist. Es begegnete mir schon vor geraumer Zeit, dass ich von einem der ersten Optiker vortreffliche Objective erhielt, in welchen allmählig eine Trübung eintrat, welche eine sehr beträchtliche Verschlechterung des Bildes nach sich zog. Eine mikroskopische Untersuchung der Linsen zeigte, dass sich in dem canadischen Balsam, mit welchem sie zusammengekittet waren, sehr viele kleine Crystallgruppen gebildet hatten. Ich kittete die Linsen aufs neue mit canadischem Balsam zusammen, allein die Erscheinung wiederholte sich nach einiger Zeit; das Flintglas lief auf der Seite, an welcher es mit dem Balsam in Berührung stand, farbig an und die Objective waren verloren. Das zu diesen Linsen verwendete Flintglas war schlecht, es wurde wahrscheinlicherweise ein Theil desselben (vielleicht Blei) durch die als Säuren functionirenden Harze des Balsams aufgelöst. Bei gutem Flintglase tritt niemahls etwas der Art ein, wesshalb auch die Methode, die Linsen mit Canadabalsam zu verkitten, an und für sich nicht zu verwerfen ist. Es handelt sich nun um die Frage, ob Objective, an welchen dieser Zustand eintritt, noch zu erhalten sind. Ich kann hierüber, da ich die obigen Objective nicht mehr habe, nichts bestimmtes angeben, würde aber, wenn mir die Sache wieder begegnen sollte, den Versuch machen, die Gläser derselben, anstatt mit Canadabalsam, mit einem nicht flüssigen harzigen Kitte, z. B. mit stark eingekochtem Terpentin oder mit Dammarharz zusammenzukitten.

Man verwechsle diese auf Ausscheidung von Crystallen beruhende Trübung der Objective nicht mit einer andern, die leicht eintritt, wenn die Linsen nicht zusammengekittet sind, und welche darauf beruht, dass sich eine ölartige Substanz in kleinen Tröpfchen zwischen dem Flintglas und Kronglas absetzt. Diese Sub-

stanz lässt sich leicht mit Alcohol abwaschen, und insoferne ist die Sache ohne Bedeutung; allein man wird durch diesen Zufall genöthigt, die Fassungen der Linsen zu öffnen, was immerhin eine unangenehme und difficile Operation ist. Es sollte kein Mikroskop mit nicht zusammengekitteten Linsen verfertigt werden.

Bei der Beurtheilung des Werthes, den ein Mikroskop für die Untersuchung schwieriger Objecte besitzt, ist es jedoch nicht hinreichend, seine Objective zu untersuchen und zu ermitteln, ob und von welchen Fehlern dieselben etwa in Hinsicht auf Aberration, Centrirung u. s. w. behaftet sind, sondern es kommt vor Allem darauf an, sich davon zu überzeugen, ob man von einem Mikroskope ein gewisses Maass der Leistungen, wie es durch die Erfahrung als erreichbar festgestellt ist, erhält oder nicht. In dieser Beziehung ist es vom höchsten Werthe, eine gewisse Zahl von Probeobjecten (Testobjecten) genau zu kennen, um an ihnen die Güte eines Mikroskopes genau bemessen zu können. Am leichtesten wird zwar dieser Zweck durch Vergleichung desselben mit einem Instrumente von anerkannter Güte erreicht, allein auch ohne eine solche kann durch Untersuchung von Probeobjecten, welche nur bei einer gewissen Güte des Instrumentes ein bestimmtes Detail erkennen lassen, namentlich wenn sie dem Beobachter von früheren Untersuchungen her genau bekannt sind, ein richtiges Urtheil über die Güte eines Instrumentes gewonnen werden.

Ehe ich jedoch auf die Besprechung tauglicher Probeobjecte eingehe, wird es nöthig, vorher einige Bemerkungen über die Eigenschaften, welche Dr. *Goring* mit den Ausdrücken der definirenden und penetrirenden Kraft des Mikroskopes (defining and penetrating powers) bezeichnete, vorauszuschicken. Unter definirender Kraft, sagt Dr. *Goring*, verstehe er „nichts anderes, als das Freisein von beiden Arten von Aberration," und unter penetrirender Kraft „einen grossen Oeffnungswinkel" (microsc. illustrat. 249). Diese Erläuterung ist mehr eine Erklärung des

Grundes, als eine Beschreibung der Erscheinungen. Deutlicher ist es vielleicht, wenn man sich dahin ausspricht, dass von der definirenden Kraft des Mikroskopes die deutliche Erkennung der Umrisse und der Form der Körper, von der penetrirenden Kraft die Erkennung der feinen Structur derselben abhängt. Beide Eigenschaften können mit einander bei demselben Instrumente verbunden sein, welche Vereinigung demselben natürlicherweise einen grossen Vorzug ertheilt; sie müssen aber nicht in gleichem Grade bei demselben Instrumente sich finden, sondern es kann eine dieser Eigenschaften über die andere weit vorherrschen. Dr. *Goring* zieht in dieser Beziehung eine Parallele zwischen dem Mikroskope und dem Fernrohre, welche vielleicht manchem Leser die Sache deutlicher zu machen im Stande ist. Ein Fernrohr mit grosser Oeffnung, wenn es auch keine richtige Form habe, zeige Nebelflecken und Sterngruppen, welche mit einem kleinen Fernrohre von der besten Art völlig unsichtbar seien; das letztere werde dagegen Doppelsterne und anderes kleines Detail zeigen, welche das erstere durchaus nicht deutlich zu machen im Stande sei. Auf gleiche Weise werde ein Mikroskop von kleinem Oeffnungswinkel ein emaillirtes Zifferblatt, die Umrisse von glänzenden Schuppen von Insecten u. s. w. sehr genau zeigen, dagegen werde man bei gestreiften Objecten von demselben ganz im Stiche gelassen, während ein anderes von grossem Oeffnungswinkel, wenn es auch starke Aberrationen habe, doch viele von den letzteren Objecten (wenn auch weniger gut, als ein aplanatisches und achromatisches Instrument) zeige, während es bei der Probe mit dem Zifferblatte oder einem Stücke eines Diamantkäfers seine Unvollkommenheiten auf die auffallendste Weise zu erkennen gebe und einen völligen Mangel an definirender Kraft zeige.

Diese Unterscheidung der definirenden und penetrirenden Kraft, wie sie Dr. *Goring* aufstellte, ist vollkommen begründet. Man wird sich, wenn man die Erscheinungen zuerst im Groben an Instrumenten, welche entschieden mangelhaft sind, kennen

gelernt hat, die Fähigkeit, die feineren Verschiedenheiten aufzufassen, vielleicht am besten durch Vergleichung von Mikroskopen, die aus verschiedenen Werkstätten hervorgingen, erwerben, indem es scheint, dass der eine Optiker je nach seinen Ansichten von den Leistungen, die ein Mikroskop haben soll, und je nach der Beschaffenheit der Probeobjecte, an welchen er seine Mikroskope prüft, mehr auf die Erreichung der einen, der andere mehr auf die Erreichung der andern dieser Eigenschaften hinarbeitet. So zeigen z. B. die Mikroskope des *Fraunhofer*'schen Institutes und von *Oberhäuser* ein Vorherrschen der definirenden Kraft, die von *Plössl* und *Amici* dagegen ein Vorherrschen der penetrirenden Kraft.

Die Anzahl von organischen Körpern, welche in ihrer Structur ein so feines Detail erkennen lassen, dass sie zur Prüfung der Mikroskope verwendet werden können, ist natürlicherweise unendlich gross; es ist aber zweckmässig, unter denselben eine bestimmte Auswahl von solchen Gegenständen, die man sich überall mit Leichtigkeit verschaffen kann, und deren Untersuchung einen bestimmten Grad von Vollendung des Mikroskopes erfordert, zu treffen, um Jeden in den Stand zu setzen, ohne directe Vergleichung seines Instrumentes mit andern den Grad seiner Leistungen ermitteln zu können. Eine Aufzählung und Characterisirung einer Anzahl solcher Probeobjecte wird daher nicht überflüssig sein. In dieser Hinsicht wird jeder mikroskopische Beobachter wohl daran thun, nur ein oder ein paar Probeobjecte zu seinem Gebrauche sich auszuwählen, indem er dieselben durch häufige Untersuchung in allen ihren Verhältnissen aufs genaueste kennen lernt und dadurch in den Stand gesetzt wird, sich mittelst derselben ein weit richtigeres Urtheil über die Güte eines der Prüfung unterworfenen Mikroskopes zu fällen, als wenn er vielerlei Probeobjecte benützt.

Ich ziehe unter den bisher vorgeschlagenen Probeobjecten einige, die ich durch *Amici* kennen lernte, allen übrigen und

namentlich den von *Goring* eingeführten vor, indem sie die penetrirende Kraft des Mikroskopes, auf die es bei der Beurtheilung seines Werthes vorzugsweise ankommt, sicherer erkennen lassen.

Amici gebraucht gewöhnlich zur Prüfung der stärkeren Objective bei durchgehendem Lichte die Schuppen von den Flügeln des Weibchens von *Hipparchia Janira*. Es sind zwar dieselben in Hinsicht auf die Schwierigkeit der Beobachtung einander nicht völlig gleich, sie zeigen aber auch keine grossen Unterschiede; besser wird man thun, wenn man die gelbgefärbten, als die braunen Schuppen zur Beobachtung wählt *). Man sieht mit schwächeren Vergrösserungen, d. h. mit solchen, die nicht über 200mahl im Durchmesser steigen, mit Leichtigkeit Längenstreifen auf denselben. Diese Längenstreifen müssen, wenn das Mikroskop gut sein soll, bereits mit einer etwa 44mahligen Vergrösserung vollkommen deutlich sein. Mit Vergrösserungen, die nicht über 200 steigen, sieht man an diesen Schuppen nichts weiter, dagegen muss man, wenn die stärkeren Vergrösserungen sehr gut zu nennen sein sollen, bereits mit einer 220mahligen, deutlicher aber mit einer 300mahligen Vergrösserung zwischen den Längenstreifen sehr nahe aneinander liegende Querstreifen sehen, und zwar auf allen Schuppen und an allen Stellen derselben. Wenn das Instrument für ausgezeichnet gut erklärt werden soll, so müssen sowohl die Längen- als die Querstreifen ganz scharf, wie die Linien eines Kupferstiches, erscheinen und es soll keine Spur eines körnigen Aussehens vorhanden sein. Diese Probe ist, ungeachtet die Querlinien nur $\frac{1}{2000}$ Millimeter auseinander stehen, in der That eine schwierige; es bestehen dieselbe nur wenige Mikroskope, und man darf jedenfalls in Beziehung auf Beleuch-

*) Es ist überhaupt allgemeine Regel, dass man, wenn ein Schmetterling heller und dunkler gefärbte Schuppen untereinander hat, die helleren als Probeobject wählt. Sie sind immer schwieriger, als die dunkler gefärbten.

tung, Dicke der Deckgläser u. s. w. keine Vorsicht vernachlässigen. Vollständig bestanden unter den von mir untersuchten Mikroskopen diese Probe nur die Mikroskope von *Amici*, *Plössl* und ein einziges von *Oberhäuser*, wobei ich aber an den *Plössl*'schen und an dem *Oberhäuser*'schen kleine Correctionen angebracht hatte, welche nöthig waren, um diese Querlinien deutlich zu machen; andere *Oberhäuser*'sche und wie mir *Schleiden* (dem ich diese Schuppen mittheilte) schrieb, sein *Schiek*'sches Mikroskop, bestanden die Probe auf eine nicht befriedigende Weise; ein *Nachet*'sches Linsensystem, welches ich an ihnen prüfte, zeigte, ungeachtet der colossalen Vergrösserung, die es gab, die Querlinien ebenfalls nur an einzelnen Stellen und höchst unvollkommen. Mit einfachen Linsen und Dublets konnte ich die Querlinien gar nicht sehen. Ich betrachte dieses Probeobject als ein sehr werthvolles, indem es die Grenze bezeichnet, in deren Nähe die penetrirende Kraft vieler neuerer Mikroskope endigt, und welche nur von verhältnissmässig wenigen überschritten wird, so dass es das Zeichen eines beim gegenwärtigen Stande der Sache sehr guten Instrumentes ist, wenn man jene Querlinien scharf und deutlich sieht.

Wenn das vorhin beschriebene Object als ein schwieriges zu betrachten ist, so muss dagegen eine andere Art von Schuppen, die sich auf der obern Seite der Flügel des Männchens von *Hipparchia Janira* finden, und auf welche ich ebenfalls durch *Amici* aufmerksam gemacht wurde, als ein sehr schwieriges bezeichnet werden. Es sind dieses sehr lange, schmale, dunkelbraun gefärbte, sehr wenig durchsichtige Schuppen, welche unten in ein zugerundetes Ende, das einen fadenförmigen Ansatz trägt, nach oben in eine gefranzte, lang vorgezogene Spitze auslaufen. Diese Schuppen zeigen mit den stärksten *Amici*'schen Objectiven und schiefer Beleuchtung etwa 20 bis 30 sehr nahe aneinander liegende Längenstreifen. Querstreifen, welche ohne Zweifel vorhanden sind, konnte ich nicht sichtbar machen; allein

schon um jene Längenstreifen deutlich zu sehen, ist ein Instrument erster Classe nothwendig.

Nach Beschreibung dieser *Amici*'schen Probeobjecte, von welchen ich namentlich das erste nicht genug empfehlen kann, gehe ich zu den von Dr. *Goring* (the micr. cabinet. 135.) angegebenen über. Zu den in Hinsicht auf die zur Erkennung derselben nothwendigen penetrirenden Kraft des Mikroskopes leichten rechnet er die Schuppen von *Lepisma saccharinum* und *Petrobius marinus*, auf welchen man Längenstreifen und schiefe Streifen sieht. Ich kenne nur die ersteren und kann sie nicht als ein gutes Probeobject empfehlen, indem das an denselben zu erkennende Detail schon bei schwachen Vergrösserungen sichtbar ist. Ich sehe nämlich auf den grösseren Schuppen die Streifen schon bei einer 30mahligen und auf den feinsten Schuppen bei einer 100mahligen Vergrösserung sehr deutlich. Es spricht sich der Unterschied zwischen verschiedenen Mikroskopen, welche an diesem Objecte geprüft werden, nur durch grössere oder geringere Reinheit des Bildes aus; diese Unterschiede lassen sich nicht scharf auffassen und beschreiben, sondern nur durch unmittelbare Vergleichung der Mikroskope ermitteln; es passen daher diese Schuppen, welche ohnediess unter sich sehr ungleich sind, nicht dazu, dass entfernt wohnende Beobachter mittelst derselben eine Vergleichung ihrer Mikroskope vornehmen können.

Als Probeobjecte von mittlerer Schwierigkeit betrachtet *Goring* die Schuppen von *Morpho Menelaus*, *Alucita pentadactyla*, *Al. hexadactyla*, *Lycaena Argus* und *Tinea vestianella*. Diese Objecte können jedoch in Hinsicht auf die Schwierigkeit ihrer Untersuchung und den Werth, welchen sie für die Prüfung der Mikroskope haben, einander durchaus nicht gleichgestellt werden.

Die im reflectirten Lichte blauen, im durchgehenden Lichte braungelben Schuppen der oberen Seite des Flügels von *Morpho Menelaus* sind ein sehr leichtes Object und ich begreife nicht, wie *Goring* dasselbe für schwerer, als die Schuppen von *Lepisma*

erklären konnte. Schon mit einer 30fachen Vergrösserung eines *Amici*'schen oder *Plössl*'schen Mikroskopes sieht man auf denselben Längen- und Querstreifen, jedoch ist bei dieser Vergrösserung das ganze Bild noch zu klein, als dass man eine deutliche Vorstellung vom Objecte erlangen könnte. Dagegen lässt eine 40fache Vergrösserung der genannten Mikroskope bereits alles Detail erkennen.

Ein bedeutend schwierigeres Object bilden die Schuppen von *Tinea vestianella*. *Goring* räth, nur die schmalen Schuppen von der untern Seite des Flügels als Testobject zu benützen, indem die übrigen zu leicht seien. Er betrachtet dieselben nicht als ein sehr schwieriges Object, glaubt aber, es gehöre ein ausgezeichnetes Instrument dazu, die Linien scharf und rein zu sehen. Ich möchte im Gegentheile sagen, es sei ein Instrument ganz schlecht, wenn es diese Linien nicht vollkommen deutlich erscheinen lässt. Ich sehe bei den schwierigsten dieser Schuppen mit einer 66fachen Vergrösserung meines *Amici*'schen Mikroskopes Andeutungen ihrer Längenstreifen, und mit einer 100fachen Vergrösserung eines *Amici*'schen oder *Plössl*'schen Mikroskopes vollkommen scharf gezogene Linien, die jedoch in den feinsten Schuppen noch ausserordentlich zart erscheinen. Mit einer 148fachen Vergrösserung sind endlich in allen Schuppen die Linien ungemein deutlich. Uebrigens bilden sie kein gutes Object, da die verschiedenen Schuppen zu ungleich sind.

Die Schuppen von der obern blauen Seite der Flügel von *Lycaena Argus* sind von dreierlei Art. Breite, im reflectirten Lichte blaue, im durchgehenden citronengelb gefärbte; ferner lange, schmale, im reflectirten Lichte gelbbraun, im durchgehenden grau und dunkel gefärbte und endlich kurze, ovale, am einen Ende zugespitzte, ungefärbte, mit etwa 40 in Linien stehenden, grossen, dunkeln Punkten versehene Schuppen.

Goring glaubt, die gelben Schuppen hätten nichts Bemerkenswerthes; hierin bin ich ganz anderer Ansicht, denn das

gleich Anzuführende zeigt, dass sie zu den besten Probeobjecten gehören. *Goring* scheint dieselben nie mit einem Mikroskope von grosser penetrirender Kraft untersucht zu haben.

An den im durchgehenden Lichte gelbgefärbten Schuppen sah ich mit meinem *Amici*'schen Mikroskope bei 58facher Vergrösserung Andeutungen von Längenstreifen, bei 66facher Vergrösserung eine sehr feine Streifung und bei 100facher Vergrösserung die Streifen sehr gut. Da diese Schuppen sehr gleichförmig gebildet sind, so sind sie für solche schwächere Vergrösserungen ein sehr gutes Object.

Dieselben Vergrösserungen lassen auch auf den dunkelgefärbten, langen Schuppen ungefähr mit gleicher Leichtigkeit Längenstreifen entdecken. Auch diese Schuppen ziehe ich wegen ihrer weit grösseren Gleichförmigkeit denen von *Tinea vestianella* weit vor.

Diese dunkel gefärbten Schuppen können zugleich auch zur Prüfung stärkerer Vergrösserungen dienen, indem sie mit sehr feinen, in kleinen Entfernungen von einander stehenden Querlinien versehen sind, von welchen bei schwächeren Vergrösserungen keine Spur zu sehen ist. Mit einem grossen *Plössl*'schen Mikroskope, welches mit 6 Objectiven versehen ist, konnte ich mit den stärksten Objectiven (4 bis 6) bei einer Vergrösserung von 225 diese Querlinien noch nicht sichtbar machen; mit den neueren *Plössl*'schen Objectiven (5 bis 7) sind bei 300mahliger Vergrösserung Andeutungen derselben zu sehen. Bei Anwendung der zuletzt genannten Objective an meinem *Amici*'schen Mikroskope und ebenso mit den entsprechenden *Amici*'schen Objectiven waren diese Querlinien bei 220- bis 230facher Vergrösserung in Andeutungen und bei 290facher Vergrösserung deutlich zu sehen; vollkommen schön erschienen sie aber erst mit stärkeren *Amici*'schen Objectiven und 400facher Vergrösserung. Diese Schuppen können in Beziehung auf die Schwierigkeit, welche sie als Probeobject darbieten, ungefähr mit den oben beschriebenen Schuppen des Weibchens von *Hipparchia Janira* verglichen werden; sie

bilden jedoch ein etwas schwierigeres Object, welches vielleicht theils aus diesem Grunde, theils wegen ihrer grossen Gleichförmigkeit noch einen Vorzug vor den ersteren verdient. Sie sind, meiner Ansicht nach, als Probeobject der grössten Beachtung werth.

Die im durchgehenden Lichte gelb gefärbten Schuppen von *Lycaena Argus* bieten für starke Vergrösserungen ein noch schwierigeres Object dar, indem sie ebenfalls sehr feine Querlinien besitzen, die kaum mit einer schwächeren, als einer 400mahligen Vergrösserung sichtbar zu machen und überhaupt sehr schwer zu sehen sind.

Die Schuppen von *Alucita pentadactyla* sollen vom Körper und nicht von den Flügeln genommen werden. Ihre Längenstreifen können mit den mir zu Gebote stehenden Mikroskopen nicht auf der ganzen Fläche der Schuppe sichtbar gemacht werden, indem an einzelnen streifenförmigen Stellen der Schuppe die Textur körnig und nicht gestreift erscheint. Ihre Längenstreifen sind schwieriger, als die der zuletzt angeführten Testobjecte, zu sehen, indem es einer 112mahligen Vergrösserung bedarf, um deutliche Spuren derselben, und einer 160fachen, um dieselben scharf und deutlich zu sehen.

Die Schuppen vom Körper der *Alucita hexadactyla* haben mit den vorhergehenden viele Aehnlichkeit. Mit einer 100fachen Vergrösserung war an einzelnen derselben eine sehr feine Streifung sichtbar, und mit einer 150fachen trat dieselbe auf allen Schuppen deutlich hervor.

Als schwere Probeobjecte bezeichnet *Goring* die schmalen, an einem Ende herzförmigen, am andern Ende lang ausgezogenen und mit Franzenbüscheln versehenen Schuppen von *Pieris brassicae* und die Schuppen von *Podura plumbea*.

Die Schuppen von *Pieris brassicae* sind allerdings ein sehr schwieriges Object, allein ich zweifle, ob sie ein ganz passendes sind, indem man über ihre Beschaffenheit noch nicht in Ueber-

einstimmung ist. *Goring* gibt nämlich an, dass es ausser den Längen- und Querstreifen noch zwei Ordnungen von diagonalen Linien auf denselben gebe, welche mit der Anwendung eines aus einem Concavspiegel von $55^1/_2{}^0$ Oeffnung bestehenden Objectives immer deutlich zu sehen seien, während Dublets und achromatische Mikroskope sie bald zeigen, bald nicht zeigen. Diese schiefen Linien bildet *Goring* (micr. cabinet. Tab. 12. fig. 4. c) als sehr feine, unter rechtem Winkel sich schneidende Striche ab, gibt jedoch an (micr. cabinet. p. 161), dass er dieselben auf einigen Theilen der Schuppe breit und auf andern beinahe gar nicht gesehen habe, so dass er sie mit den Linien eines gewässerten Seidenzeuges vergleicht. Die verschiedenen Linien dieser Schuppen, die Längen- und Querstreifen und die beiden diagonalen Linienreihen seien alle nach einander bei kleinen Aenderungen der Beleuchtung zu sehen, dagegen könne man nur selten zwei dieser Liniensysteme zu gleicher Zeit sehen. Da diese schiefen Linien in einem Spiegelmikroskope so entschieden zu sehen seien, so wäre es ebenso vernünftig, an ihrer Existenz zu zweifeln, als an den Linien in einem Copirbuche (micrographia. 130). Dennoch gestehe ich, zweifle ich an ihrer Existenz, so wie überhaupt an dem wirklichen Vorkommen von diagonalen Linien auf irgend welchen Schmetterlingsschuppen und glaube, sie sind immer das Resultat von wellenförmigen Falten, welche die Längenstreifen an einzelnen Stellen in schiefer Projection sehen lassen *). *Chevalier*, welcher von diesem Testobjecte

*) Man vergleiche über diesen Punkt die früher von *Goring* (micr. cabinet. 160) publicirte Ansicht, nach welcher diese Linien nur scheinbar, aber keine wahren Linien sind, so wie *Brewsters* Angaben (treat. on the microsc. 176). Ich glaube übrigens, dass *Brewster* eine falsche Erklärung von den Querlinien der Schmetterlingsschuppen gibt, wenn er sie nicht für wirkliche quere erhabene, vorspringende Leisten, sondern für zahnförmige Vorsprünge der Längenlinien hält. Dagegen spricht die Untersuchung solcher Schuppen, die wie die des *Menelaus* sehr starke, weit von einander entfernte Quer- und Längenstreifen haben, entschieden.

eine sehr stark vergrösserte Abbildung gibt (des microscopes. Tab. 5. fig. 3), scheint diese Schuppen nie durch ein ganz gutes Instrument gesehen zu haben, indem er angibt, man müsse an ihren Längenstreifen eine körnerartige Anordnung sehen und indem er ihre Querstreifen gar nicht abbildet. Diese Umstände stellen für seine Mikroskope ein schlechtes Zeugniss aus, denn sie zeigen an, dass dieselben keine hinreichende penetrirende Kraft besassen, um diese Schuppen deutlich zu zeigen, sondern dass die gewöhnliche Täuschung eintrat, welche an Schmetterlingsschuppen die Querstreifen übersehen und die Längenstreifen körnig erscheinen lässt, wenn das Mikroskop zur Entwicklung ihres Details nicht hinreicht. Ich kann an diesen Schuppen nichts anderes, als einfache Längen- und Querstreifen sehen.

Die Schuppen von *Podura plumbea*, welche sich als Probeobject einen grossen Ruf erwarben, kann ich ebenfalls als solches nicht besonders rühmen. Es gehört allerdings ein gutes Instrument dazu, um überhaupt an ihnen, namentlich an den kleineren derselben etwas zu sehen, allein die relative Güte der Mikroskope lässt sich schwer an denselben prüfen, weil nicht nur die verschiedenen Schuppen im höchsten Grade ungleich, die kleineren um sehr vieles schwieriger, als die grösseren sind, sondern auch weil das an denselben zu erkennende Detail nicht fein genug ist, um einen guten Maasstab für die starken Vergrösserungen abzugeben. Man sieht nämlich auf denselben viele längliche, kurze Streifen, die je nach der Richtung, in der man sie sieht, in Längenlinien und schiefen Linien sich projiciren. Diese Streifen sind aber kein sehr feines Object, sondern lassen sich schon mit Instrumenten, welche von den Querlinien auf den Schuppen von *Hipparchia Janira* keine Spur zeigen, ebenso gut sehen, als mit einem Mikroskope, welches eine weit grössere penetrirende Kraft besitzt. Sie passen daher wohl zur Vergleichung von minder vollkommenen Instrumenten, aber nicht zur Beurtheilung von Mi-

kroskopen, welche einmahl einen gewissen Grad der Vollendung überschritten haben.

Gegen alle organischen Probeobjecte kann man geltend machen, dass die verschiedenen Exemplare, z. B. die verschiedenen Schuppen desselben Flügels nicht die gleiche Grösse und Beschaffenheit haben. Um diesem Uebelstande zu entgehen, wendete *Nobert* (*Poggendorfs* Annalen 1846, nro 2. p. 175) sehr fein getheilte Glasmikrometer als Probeobjecte an. Seine Prüfungsplatte enthält zehen Gruppen von Parallellinien, welche in folgenden, in pariser Linien ausgedrückten Entfernungen gezogen sind:

1) = 0,001000 = $\frac{1}{1000}$

2) = 0,000857 = $\frac{1}{1166}$

3) = 0,000735 = $\frac{1}{1360}$

4) = 0,000630 = $\frac{1}{1587}$

5) = 0,000540 = $\frac{1}{1852}$

6) = 0,000463 = $\frac{1}{2159}$

7) = 0,000397 = $\frac{1}{2518}$

8) = 0,000340 = $\frac{1}{2941}$

9) = 0,000292 = $\frac{1}{3424}$

10) = 0,000225 = $\frac{1}{4000}$

Nobert gibt an, mit einem Mikroskope der neueren Bauart sehe man mit einer 70fachen Vergrösserung die Linien der ersten Gruppe ($\frac{1}{1000}$''') getrennt, mit *Schiek*'schen und *Plössl*'schen (vor 1840 verfertigten) Mikroskopen sehe man die Linien der 7ten, zuweilen nur die der 6ten Gruppe getrennt und es trete bei denselben mit einer 200fachen, höchstens mit einer 300fachen Vergrösserung das Maximum der Wirkung ein, mit den (*Plössl*'schen?) Mikroskopen, die nach 1840 verfertigt seien, sehe man

die 8te Gruppe getrennt und das Maximum ihrer Leistung finde bei einer 400- bis 500mahligen Vergrösserung statt. Mit seinem eigenen Mikroskope sehe man bei einer 510- bis 720mahligen Vergrösserung die 8te Gruppe bei beinahe jeder Lage des Beleuchtungsspiegels zerlegt und von der 9ten sehe man bei günstiger Lampenbeleuchtung höchst zarte Andeutungen. *Fraunhofer* hätte mit seinen Mikroskopen auf Gittern, deren Striche $\frac{1}{714}'''$ entfernt gewesen seien, die Linien kaum mehr sehen können; da nun die jetzigen Instrumente Parallellinien von $\frac{1}{2941}'''$ Entfernung noch zeigen, so sei die optische Kraft der Mikroskope seit *Fraunhofer* aufs vierfache gesteigert worden.

Unstreitig würden solche feine Mikrometertheilungen ein vortreffliches Mittel zur Prüfung des Mikroskopes abgeben, wenn die verschiedenen, nach demselben Maasse getheilten Mikrometer auf eine vollkommen gleichförmige Weise verfertigt werden könnten. Da es aber in der Natur der Sache liegt, dass je nach den Umständen (Form der Diamantspitze, Beschwerung derselben, Härte des Glases) die Linien bald flacher und heller, bald tiefer und dunkler, bald schmaler bald breiter sein müssen, so kann auch die Trennung der entsprechenden Liniengruppen verschiedener Platten nicht immer gleich leicht sein und keinen sicheren Maassstab zur Prüfung der Mikroskope abgeben. Wohl aber kann ein Beobachter, welcher eine solche Platte besitzt und sie genau kennt, dieselbe zur Prüfung der ihm vorkommenden Mikroskope benützen, allein das Resultat, welches er von seiner Platte erhält, ist mit dem von einem Andern an einer andern Platte erhaltenen, nicht strenge vergleichbar *).

*) Das hier ausgesprochene Urtheil bestätigte sich bei Vergleichung einer zweiten *Nobert*'schen Probeplatte mit der meinigen, welche ich erst, nachdem das Obige niedergeschrieben war, anstellen konnte. Bei dieser zweiten Platte waren in allen Liniengruppen die Striche weit stärker gezogen und dunkler, daher leichter bei schwachen Vergrösserungen zu sehen. Mit einer 147fachen Ver-

Dass die penetrirende Kraft einfacher Linsen oder der Objective eines zusammengesetzten Mikroskopes nicht blos von der Stärke der Vergrösserung, die sie geben, und von der Vollkommenheit ihrer Bearbeitung abhängig ist, sondern dass hiebei die Grösse ihrer Oeffnung von hauptsächlichem Einfluss ist, zeigte Dr. *Goring* (micrographia. 160) dadurch, dass er an einem Objective von $^9/_{10}$'' Focus und $^1/_2$'' Oeffnung Blendungen von verschiedener, bis auf $^1/_{10}$'' abnehmender Weite anbrachte, wobei es sich zeigte, dass mit der letzteren Blendung auf den Schuppen vom *Menelaus* die Längenstreifen noch gar nicht sichtbar waren, dass mit der Vergrösserung der Oeffnung dieselben mehr und mehr hervortraten, die Schuppe mehr und mehr ihr körniges Aussehen verlor und dass endlich bei voller Oeffnung auch die Querlinien sichtbar wurden.

Unter diesen Umständen ist es von Interesse den Oeffnungswinkel eines Objectives messen zu können. Zu diesem Zwecke hat *Lister* (philos. transact. 1830. 190) ein sehr einfaches Mittel angegeben. Man stellt ein brennendes Licht in der Richtung der Achse eines horizontal liegenden Mikroskopes einige Ellen vor seinem Objective auf und stellt das Objectiv auf eine als Object dienende Nadel ein; nun dreht man das Mikroskop um diese Nadel als Mittelpunkt so weit seitwärts bis das von der Kerze kommende Licht nur noch die eine Hälfte des Gesichtsfeldes erleuchtet, und dreht alsdann dasselbe so weit auf die andere Seite, bis die entgegengesetzte Hälfte des Gesichtsfeldes allein erleuchtet ist. Der Winkel, um welchen man bei dieser letzten Bewegung

---

grösserung meines *Amici*'schen Mikroskops konnte ich in der fünften Liniengruppe die Striche deutlich sehen, die 6te Gruppe zeigte eine feine Streifung, allein die Striche waren nicht vollkommen deutlich getrennt; auf der zweiten Platte sah ich dagegen bei vollkommen gleicher Beleuchtung in der 6ten Gruppe die Striche als vollkommen deutliche, getrennte und schwarze Linien und in der 7ten Gruppe die Linien noch deutlich getrennt, daher weit deutlicher, als auf meiner Platte in der 6ten Gruppe.

das Mikroskop drehte, entspricht dem Oeffnungswinkel des Objectives. Dr. *Goring* beschreibt (microsc. illustrat. 292) die zu diesem Behufe dienende mechanische Vorrichtung, von welcher Tab. II. fig. 9 eine Abbildung gibt. a bezeichnet die in der Richtung der Achse der Mikroskopröhre e stehende Kerze, c bezeichnet den Focus des Objectives b, d einen Trieb zum Einstellen des Objectives, f eine Platte, auf welcher die Mikroskopröhre befestigt und mit welcher sie auf der unteren Platte g um die Achse k seitwärts drehbar ist, h bezeichnet die als Object dienende Nadel, welche durch die Schrauben i in die Richtung der Achse k gestellt werden kann. Auf der unteren Platte g ist ein Abschnitt eines Kreisbogens befestigt, an welchem man die Grösse der der Platte f ertheilten seitlichen Bewegung abliesst.

Bedeutend schwieriger, als die Beurtheilung der penetrirenden Kraft des Mikroskopes ist die Beurtheilung seiner definirenden Kraft. Während man nämlich an den besprochenen Probeobjecten ein sehr scharfes Mittel hat, um die penetrirende Kraft zu prüfen, indem man sich nicht darüber täuschen kann, ob man mit einer bestimmten Vergrösserung an den Probeobjecten ein bestimmtes Detail erkennen kann oder nicht, so verhält es sich mit der Erforschung der definirenden Kraft wesentlich anders, indem hier nur eine Schätzung stattfindet. In dieser Beziehung kann nur durch lange Uebung und durch Vergleichung verschiedener Instrumente eine gewisse Sicherheit des Urtheils erworben werden.

Extreme Unterschiede in der definirenden Kraft sind leicht zu erkennen und man wird, um sich von den hier zu besprechenden Erscheinungen eine deutliche Vorstellung zu erwerben, am besten thun, zuerst einige Objecte mit einem Mikroskope zu betrachten, welches einen ganz entschiedenen Mangel an definirender Kraft zeigt. Zu diesem Behufe wähle man ein Instrument, dessen Objectiv eine zu grosse Oeffnung besitzt, oder ein Mikroskop dessen Objectiv ein Deckglas erfordert und welches man ohne Deckglas anwendet, oder man beobachte durch die

eines Dublet, von welchem man die obere Linse und [illegible]dung abschraubte. Man kann mit solchen Instrumenten häufig das an den Objecten, z. B. an Schmetterlingsschuppen zu erkennende Detail noch ganz erträglich sehen, es wird dagegen das Bild in Hinsicht auf die Schärfe der Umrisse so schlecht als möglich sein, die Ränder desselben werden verwaschen, die dunkeln Parthien des Objects von einem Lichtnebel überzogen und von den helleren nicht scharf abgegrenzt sein. Ein Mikroskop dagegen, welches eine grosse definirende Kraft besitzt, wird das Object mit schwarzen, scharf gezeichneten Rändern zeigen, die dunkeln Parthien werden frei von jedem Nebel sein, die hellen Parthien werden sich scharf von den dunkeln abheben und es wird die ganze Form klar hervortreten. Ich möchte diese Verschiedenheiten mit dem Unterschiede vergleichen, welcher zwischen einem scharfen schwarzen Drucke auf gutem Papiere und einer mit stumpfen Lettern und grauer Schwärze auf wolligem Papiere abgedruckten Schrift stattfindet.

Besitzt man Objective, welche ein Deckglas erfordern, welche also in sphärischer Beziehung untercorrigirt sind, so kann man sich über die mit der Dicke des Deckglases steigende Zunahme der definirenden Kraft unterrichten, wenn man dasselbe Object zuerst ohne Deckglas und dann unter Deckgläsern von allmählig steigender Dicke betrachtet. Hiebei wird man deutlich bemerken, dass die definirende und penetrirende Kraft einander nicht durchaus parallel gehen. Wie schon bemerkt kann ein Mikroskop ohne Deckglas, oder durch ein zu dünnes Deckglas schon eine weit gehende penetrirende Kraft zeigen und es wird mit der Zunahme der Dicke des Deckglases sehr rasch die penetrirende Kraft zunehmen, während die definirende Kraft vielleicht weit langsamer vorschreitet. Bei einem ganz guten Instrumente soll allerdings das Maximum der penetrirenden und definirenden Kraft zusammenfallen oder es soll wenigstens, wenn das Maximum der penetrirenden Kraft erreicht ist, kein auffallender Mangel an de-

finirender Kraft mehr stattfinden. Allein es kann auch in diesem Momente das Maximum der definirenden Kraft noch nicht erreicht und man kann genöthigt sein, um diesen Zweck zu erlangen, die Dicke des Deckglases auf einen Grad zu steigern, bei welchem die penetrirende Kraft bereits wieder unter ihr Maximum gesunken ist. Jedenfalls wird man unter allen Umständen finden, dass mit der Zunahme der Dicke des Deckglases über den Punkt hinaus, auf welchem das Maximum der penetrirenden Kraft stattfindet, diese Kraft sehr bedeutend beeinträchtigt wird, während die definirende Kraft noch eine Zeit lang eine Steigerung der Dicke des Deckglases zulässt, ehe eine deutliche Abnahme der Schwärze des Bildes und der Deutlichkeit der Umrisse eintritt. Ein bestimmtes Beispiel wird vielleicht das eben Gesagte am besten erläutern. Ich besitze ein *Amici*'sches Objectiv, welches ein Deckglas von 0,25 bis 0,45 Millimeter Dicke erfordert, wenn es in Hinsicht auf Penetration das Maximum seiner Leistungen zeigen soll, und bei welcher Dicke des Deckglases auch seine definirende Kraft vollständig entwickelt ist. Mit diesem Objective sehe ich schon ohne Deckglas die Querstreifen auf den langen Schuppen von *Lycaena Argus*, obgleich die Umrisse der Schuppen neblig und schlecht begrenzt sind; lege ich ein 0,8 Millim. dickes Deckglas auf, so ist die penetrirende Kraft sehr bedeutend geschwächt, von den Querstreifen ist keine Spur mehr zu sehen, dessen unerachtet hat die definirende Kraft erst in einem kaum merklichen Grade nachgelassen.

Ein analoges Missverhältniss zwischen definirender und penetrirender Kraft zeigt sich auch bei manchen Mikroskopen, bei welchen kein Deckglas nöthig ist, indem es Instrumente gibt, welche in Hinsicht auf definirende Kraft vortrefflich, in Hinsicht auf penetrirende dagegen nicht besonders zu loben sind. Es ist dieses z. B. bei einem in meinem Besitze befindlichen Mikroskope des *Fraunhofer*'schen Institutes der Fall, welches auf den ersten Blick wegen der schwarzen Umrisse ein sehr schönes

...ben scheint, allein in Hinsicht auf seine penetrirende ... gegen die entsprechenden Vergrösserungen z. B. eines *Plössl*'schen Instrumentes weit zurücksteht.

Um die definirende Kraft zu prüfen, scheinen Dr. *Goring* cylindrische und sphärische Körper die geeignetsten zu sein (micr. cabinet. 154). Es mag dieses der Fall sein, jedoch glaube ich, dass manche Schmetterlingsschuppen, die mit Schuppen besetzten Stellen der Flügel eines Diamantkäfers, Pollenkörner u. s. w. den von *Goring* vorzugsweise empfohlenen thierischen Haaren nicht gerade nachstehen. Unter den Haaren räth *Goring* die heller gefärbten, daher vorzugsweise die von der untern Seite des Körpers vorzuziehen.

Die Testobjecte, welche *Goring* zur Prüfung der definirenden Kraft vorzugsweise empfiehlt, sind folgende:

1) Die Haare der Hausmaus (*Mus domesticus*). Man muss an ihnen die hellen und die dunkeln Stellen vollkommen scharf getrennt sehen.
2) Die Haare vom Flügel der Fledermaus (*Vespertilio murinus*). Sie haben das Aussehen, als bestünden sie aus einer Reihe ineinandersteckender Trichter, andere sind mit einer spiralförmig verlaufenden Lamelle umgeben. Die letztere Angabe halte ich nicht für richtig; das spiralige Aussehen rührte wenigstens bei den von mir untersuchten Haaren davon her, dass die Mündungen der von dem Epidermoidalüberzuge der Haare gebildeten trichterförmigen Vorsprünge schief gestellt waren.
3) Die (oben beschriebenen) getüpfelten Schuppen von *Lycaena Argus*. Die Punkte derselben sollen scharf und deutlich getrennt gesehen werden.

Ausser *Goring* machte auch *Jacquin*, welcher übrigens die penetrirende und definirende Kraft des Mikroskopes nicht unterscheidet, ein Verzeichniss der von ihm angewendeten Probeobjecte bekannt (*Baumgartners* u. *Ettingshausens* Zeitschr. f. Phy-

sik u. Mathem. V. 135). Es sind zum Theile die *Goring*'schen, zum Theile andere, die aber hinsichtlich des an ihnen zu beobachtenden Details den oben angeführten Probeobjecten weit nachstehen, wesshalb ich eine Anführung derselben für überflüssig halte.

Unterwirft man mit Hülfe von Probeobjecten ein Mikroskop der Prüfung, oder vergleicht man mehrere Objective in Hinsicht auf ihre Leistungen, so hat man vorzugsweise folgende Punkte ins Auge zu fassen.

Wenn von zwei Mikroskopen das eine ein bestimmtes Detail eines Probeobjectes bei einer schwächeren Vergrösserung, als ein zweites Mikroskop zeigt, so ist das erste das bessere. In dieser Beziehung findet ein wesentlicher Unterschied zwischen der Vergleichung zweier Mikroskope und zweier Fernröhren statt. Bei den Mikroskopen, mit Ausnahme des *Amici*'schen katadioptrischen Mikroskopes, werden die verschiedenen Vergrösserungen weniger durch Anwendung verschiedener Oculare von zunehmender Stärke, als vielmehr durch Anwendung verschiedener Objective hervorgebracht, während jedes Fernrohr nur ein Objectiv hat und die verschiedenen Vergrösserungen durch den Wechsel der Oculare erzielt werden. Jedes Mikroskop repräsentirt also ebenso viele einzelne Instrumente, als es Objective besitzt. Man muss desshalb bei der Beurtheilung eines Mikroskopes nicht blos seine absolut höchsten, durch die stärksten Objective zu erreichenden Leistungen ins Auge fassen, sondern die Leistungen der einzelnen Objective mit Rücksicht auf die Vergrösserungen, die sie gewähren, untersuchen und mit den entsprechenden Vergrösserungen anderer Instrumente vergleichen. Wenn gleich im Allgemeinen bei allen Mikroskopen die schwächeren Objective die besseren sind und das schärfste Bild geben, so findet dieses doch nicht durchaus statt, sondern man wird nicht selten finden, dass bei dem einen Instrumente die schwächeren, bei einem anderen die stärkeren Vergrösserungen die besseren sind. Ver-

mein *Amici*'sches Mikroskop mit meinem *Plössl*'-, so besitzt das letztere keine den stärksten *Amici*'schen Objectiven entsprechende Linsencombination, und steht in allen Leistungen, zu welchen so starke Objective erforderlich sind, d. h. bei Vergrösserungen, die über 300 steigen, hinter dem *Amici*'schen zurück, indem diese stärkeren Vergrösserungen bei dem *Plössl*'schen Mikroskope durch starke Oculare erzwungen werden müssen. Vergleiche ich dagegen die Leistungen der stärksten *Plössl*'schen Objective mit denen der entsprechenden *Amici*'schen, welche Objective Vergrösserungen von 220 bis 300 geben, so muss ich hier den *Plössl*'schen einen, wenn gleich nicht bedeutenden Vorzug geben, während wieder bei einigen schwächeren Objectivsystemen das Verhältniss sich umkehrt.

Vor allem ist bei Beurtheilung eines Mikroskopes seine penetrirende Kraft, die Eigenschaft das feine Detail in der Structur der Objecte zu zeigen, ins Auge zu fassen, dagegen spielt meiner Ansicht nach die definirende Kraft, oder die Eigenschaft des Instrumentes, das Object als plastischen Körper mit deutlicher Darstellung seiner Gesammtform zu zeigen, eine weit untergeordnetere Rolle.

Viele, welche in der Erforschung der feinen Structur der organischen Körper sich keine bedeutende Uebung erworben haben, werden bei Vergleichung zweier Mikroskope, welche in Beziehung auf die genannten Eigenschaften Unterschiede zeigen, der entgegengesetzten Ansicht sein.

Ein Mikroskop von grosser penetrirender Kraft scheint häufig bei seinen starken Vergrösserungen auf den ersten Blick ein ungefärbtes, sehr blasses, beinahe milchiges Bild zu geben, es erfordert eine äusserst feine Einstellung, indem es nur den Theil des Objectes, welcher genau in seinem Focus liegt, zeigt, es stellt die Umrisse der zu erkennenden Theile als äusserst zarte, leicht gezogene Linien dar und es sind häufig die Farben der Probeobjecte beinahe ganz verschwunden.

Ein Mikroskop dagegen, bei welchem die definirende Kraft verhältnissmässig stärker ist, gibt ein ganz anderes Bild, es wird von dem Objecte nicht jenes farblose, einem Kupferstiche ähnliche, sondern ein volles, plastisches Bild zeigen, die Umrisse und die Linien des Körpers werden stärker und schwärzer, die Farben lebhafter erscheinen, es wird namentlich bei dickeren und derberen Objecten die ganze Form und die Anordnung der grösseren Massen derselben leichter übersehen lassen, es wird z. B. in den Pflanzenzellen die Chlorophyllkörner, die Saftströmchen mit ihren Körnern leichter hervortreten lassen.

Diese Eigenschaften lassen dem minder Geübten, namentlich wenn nicht ein schwieriges Probeobject zur Vergleichung gewählt wird, das Bild des letzteren Mikroskopes deutlicher und bestimmter erscheinen, wesshalb er demselben den Vorzug ertheilen wird.

Es ist nicht zu läugnen, dass eine solche starke definirende Kraft bei Untersuchung weniger feiner Objecte eine Annehmlichkeit darbietet, indem sie ein leichter in seinem Ganzen erkennbares Bild geben; so zog ich z. B. bei vielen Untersuchungen über die Rotation des Zellsaftes bei den Pflanzen *Oberhäuser*'sche Objective den *Plössl*'schen vor, weil sie die Saftströmchen leichter erkennen liessen. Ebenso wird man auch bei ziemlich feinen Objecten z. B. bei den Schuppen von *Podura* durch solche Instrumente, denen eine grössere definirende Kraft zukommt, die Streifen schwärzer und scheinbar deutlicher sehen, als durch ein Mikroskop, welches eine stärkere penetrirende Kraft hat, während man, wenn man die Instrumente an schwierigeren Objecten prüft, dem letzteren den Vorzug ertheilen wird.

Ein weiterer auffallender Unterschied findet sich zwischen verschiedenen Objectiven darin, dass die einen sich mehr zur Beobachtung durchsichtiger Körper im durchfallenden Lichte, die andern mehr zur Beobachtung opaker Körper eignen. Dieser Unterschied ist oft so bedeutend, dass ein Objectiv für durchsichtige Körper höchst ausgezeichnet und für opake sehr mittelmässig sein kann und umge-

kehrt und ich möchte glauben, dass dieses Verhältniss bis zu einem gewissen Grade nothwendig ist. Aus dem, was ich oben über den Gebrauch der Deckgläser anführte, erhellt, dass ein Objectiv, welches ein Deckglas erfordert, in sphärischer Beziehung untercorrigirt ist und sein muss und dass diese Eigenschaft weit weniger der penetrirenden, als der definirenden Kraft schadet. Alle diese Objective zeigen sich bei der Beobachtung eines frei liegenden opaken Körpers höchst mittelmässig, wenn sie nicht sehr schwach sind. Es ist also nothwendig, dass ein zur Beobachtung opaker Körper dienendes Objectiv zum mindesten vollständig in Hinsicht auf sphärische Aberration corrigirt ist, in welchem Falle seine Brauchbarkeit für durchsichtige Körper schon sehr beschränkt ist, indem schon das dünnste Deckglas der Schärfe seines Bildes schadet. Einigen Beobachtungen zu Folge glaube ich aber annehmen zu müssen, dass ein Objectiv, welches von opaken Körpern ein ganz gutes Bild entwerfen soll, etwas übercorrigirt sein muss, durch welche Eigenschaft ein Objectiv immer für durchsichtige Körper schlecht wird, indem seine penetrirende Kraft stark darunter Noth leidet. Ich muss dieses aus der Vergleichung der stärksten Objective eines *Plössl*'schen Hydrooxygengasmikroskopes mit den entsprechenden Objectiven des gewöhnlichen *Plössl*'schen Mikroskopes schliessen. Die letzteren sind nämlich, so vortrefflich sie für durchsichtige Körper sind, für opake Körper nicht besonders gut, und sind in Hinsicht auf sphärische Aberration etwas untercorrigirt, die Objective des Gasmikroskopes sind dagegen, wenn sie an das gewöhnliche Mikroskop angeschraubt werden, für durchsichtige Körper sehr mittelmässig und für opake Körper ganz vortrefflich, und zugleich etwas, jedoch nicht stark in sphärischer Beziehung übercorrigirt. Die Anzahl von Vergleichungen, die ich an solchen für durchsichtige Körper mittelmässigen und zugleich für opake Körper guten Objectiven anstellen konnte, ist jedoch nicht gross genug, um mit Bestimmtheit aussprechen zu können, dass der Unterschied

der für opake Körper passenden Objective gerade in dieser Uebercorrection begründet sei, so viel scheint mir jedoch jedenfalls aus meinen Beobachtungen hervorzugehen, dass dieser Umstand einem für diesen Zweck bestimmten Objective nichts schadet.

Die Frage, welche Vergrösserung ein Mikroskop geben müsse, wenn dasselbe dem jetzigen Zustande der praktischen Optik entsprechen solle, lässt sich, so einfach dieselbe scheint, nicht leicht beantworten, indem die Leistungen des Mikroskopes bis zu einem gewissen Grade mehr von der Schärfe des Bildes, als von der Stärke der Vergrösserung abhängen. Würde die Schärfe und Helligkeit des Bildes bei Steigerung der Vergrösserung gleich bleiben, so wäre natürlicherweise ein Mikroskop desto besser, je stärkere Vergrösserungen dasselbe gibt, und es unterliegt gar keinem Zweifel, dass ein Mikroskop, welches eine tausendmahlige Vergrösserung von derselben Schärfe, mit der unsere gegenwärtigen Mikroskope eine 100fache zeigen, gewährte, uns in den Stand setzen würde, eine Menge von Verhältnissen aufzuklären, welche uns beim gegenwärtigen Zustande der Mikroskope vollkommen verborgen bleiben. So wie die Sache jetzt steht, erreicht man bei Steigerung der Vergrösserung sehr bald eine bestimmte Grenze, über welche hinaus man zwar durch stärkere Oculare und Verlängerung der Röhre das Bild noch bedeutend weiter vergrössern kann, aber in Beziehung auf Erkennung seines Details nichts mehr gewinnt. Man muss im Gegentheile, wenn man einmahl diese Grenze erreicht hat, zufrieden sein, wenn man nicht bei höherer Steigerung der Vergrösserung mehr an Deutlichkeit verliert, als man an Grösse gewinnt. Dessen unerachtet sind diese stärkeren Vergrösserungen nicht ganz unnützlich, sondern es ist in manchen Fällen, namentlich zum Behufe der Zählung nahe an einander liegender kleiner Gegenstände, zum Behufe mikrometrischer Messungen u. s. w., von Nutzen, jene Grenze zu übersteigen, dagegen wird dieses Verfahren, wenn es sich um Erforschung der Structur eines Kör-

pers handelt, niemahls von Nutzen sein. Man erreicht bei den besten Mikroskopen diese Grenze weit früher, als man nach den gewöhnlichen Angaben glauben sollte, und es zeigt völlige Unkenntniss von den Leistungen des Mikroskopes oder Charlatanerie an, wenn einzelne Beobachter zur Unterstützung ihrer Untersuchungen anführen, dass dieselben mit Vergrösserungen von 1000 und mehr Durchmessern gemacht worden seien. Diese Grenze liegt bei den neueren *Amici*'schen Mikroskopen höchstens bei einer Vergrösserung von 400mahl im Durchmesser, wahrscheinlich noch tiefer, bei dem *Plössl*'schen höchstens bei 300mahliger Vergrösserung und bei vielen andern noch weit tiefer *). Es versteht sich hiebei von selbst, dass diese Vergrösserungen verschiedener Mikroskope untereinander nicht genau vergleichbar sind, indem sie in Hinsicht auf die penetrirende Kraft von einander abweichen, wie z. B. die Querlinien auf den Schuppen von *Hipparchia Janira* mit *Plössl*'schen Objectiven schon mit einer Vergrösserung von 220 sehr deutlich sichtbar zu machen sind, während sie mit den meisten *Oberhäuser*'schen Mikroskopen gar nicht gesehen werden können. Unter diesen Umständen lässt sich aus der blosen Angabe der Vergrösserung und etwa dem Zusatze, dass dieselbe noch scharf sei, bei der Unsicherheit der Beurtheilung des letzteren Punktes noch gar kein Schluss auf die Leistung eines Mikroskopes ziehen, sondern es ist ein Mikroskop desto besser, je schwächer die Vergrösserung ist, mit welcher ein bestimmtes Detail zu

*) *Nobert* setzt (*Poggend.* Annalen 1846. nro. 2. p. 176) die Grenzen der höchsten Leistungen höher als ich, nämlich bei den *Plössl*'schen auf eine 400 – 500mahlige Vergrösserung, bei seinen eigenen (die ich nicht kenne) auf eine 510—720mahlige. Ich halte diese Angaben für viel zu hoch, und glaube hiefür einen Gewährsmann anführen zu können, dessen competentes Urtheil Niemand in Zweifel ziehen wird, nämlich *Amici*, mit welchem ich über diesen Punkt sprach, und welcher mit mir darin übereinstimmte, dass man mit keinem der gegenwärtigen Mikroskope etwas sehen könne, was nicht schon mit einer guten 300mahligen Vergrösserung sichtbar sei.

erkennen ist, und je stärker zugleich die Vergrösserung ist, bei welcher das Maximum seiner Leistung eintritt. In der ersteren dieser Beziehungen stehen unter den mir bekannten Mikroskopen die von *Amici* und *Plössl* und in der letzteren Beziehung die von *Amici* am höchsten.

Wenn man fragt, welchen Durchmesser der kleinste, mit unsern gegenwärtigen Mikroskopen noch zu erkennende Körper besitze, so ist das eine kaum zu beantwortende Frage, indem uns die Mittel fehlen, den Durchmesser der kleinsten, noch sichtbaren Körper mit erträglicher Genauigkeit zu messen. Nach dem oben Angeführten ist ein gesundes Auge im Stande, unter günstigen Umständen in 8″ Entfernung einen Körper von etwa $^1/_{25}$ Millim. noch zu sehen. Würde man annehmen können, dass wir mit einer 300mahligen Vergrösserung noch so scharf, wie mit blosem Auge sehen, so wäre mit derselben ein Körper von $\frac{1}{7500}$ Millim. Durchmesser noch zu erkennen. Ob ein kugelförmiger Körper von dieser Grösse durch unsere gegenwärtigen Mikroskope noch sichtbar ist, ist mir allerdings sehr zweifelhaft, jedoch habe ich Grund zu glauben, dass die Grenze des mikroskopischen Sehens nicht weit von dieser Grösse entfernt ist, und man wird ziemlich sicher gehen, wenn man mit *Harting* annimmt, dass die geringste Grösse eines noch sichtbaren Körpers $\frac{1}{4000}$ bis $\frac{1}{6000}$ Millim. betrage.

Daran, dass linienförmige Objecte einen noch beträchtlich kleineren Durchmesser besitzen können, ohne unsichtbar zu werden, ist nicht zu zweifeln; wenn man die ungemeine Zartheit der Querlinien auf manchen Schmetterlingsschuppen, z. B. von *Lycaena Argus*, ins Auge fasst und sie mit der bedeutenden Breite, unter welcher ein $\frac{1}{1200}$ Millim. grosser Gegenstand erscheint, vergleicht, so wird man ihre Breite, wenn man sie zu $\frac{1}{7000}$ Millim. anschlägt, gewiss eher über, als unterschätzen und die Annahme von *Harting*, dass für linienförmige Objecte die Grenze des Sichtbarseins bis zu $\frac{1}{15000}$ Millim. hinausgerückt sei, für vielleicht nicht zu hoch gegriffen halten. Nach der Ansicht von *Fraunhofer* ist

dem Sichtbarsein kleiner Körper durch die Grösse der Lichtwellen eine bestimmte Grenze gesetzt, indem kein Körper, welcher kleiner als eine Lichtwelle wäre, das Licht reflectiren und für sich sichtbar sein könnte. Die oben berührte Unmöglichkeit, kleine Körper mikrometrisch zu messen, erlaubt bis jetzt wenigstens nicht, auf dem Wege der Erfahrung diese Theorie mittelst des Mikroskopes zu prüfen.

Von grossem Werthe wäre es für die Beurtheilung der Güte eines Mikroskopes, wenn wir ein Mittel hätten, um die Schärfe und Deutlichkeit des Bildes zu messen. *Nobert* versuchte, dieses auf folgende Weise zu thun: Er ging von dem Grundsatze aus, dass ein ganz vollkommenes Mikroskop den vergrösserten Gegenstand mit derselben Schärfe zeigen müsste, mit welcher ihn das blose Auge sieht, dass man also mit m facher Vergrösserung auch m mahl kleinere Theile, als mit blosem Auge, erkennen müsste. Da nun diese Vollkommenheit im Bilde niemahls erreicht werde, so müsse man eine stärkere, als die unter jener Voraussetzung nothwendige, Vergrösserung anwenden, um einen Gegenstand m mahl genauer, als mit blosem Auge zu sehen. Um auf experimentellem Wege das Verhältniss der Deutlichkeit des blosen Sehens mit dem des mikroskopischen Sehens auszumitteln, schnitt *Nobert* Parallellinien auf Glas und fand, dass dieselben, um in 10″ Entfernung bei derselben Beleuchtung wie im Mikroskope (er nahm aus dem Mikroskope die Gläser heraus und legte die Glasplatte auf den Objecttisch) gesehen zu werden, wenigstens $^1/_{20}$‴ von einander entfernt sein mussten; diese Entfernung entspricht nahezu 86 Secunden, und da die Breite der Linien nahezu der Breite ihrer Zwischenräume gleich war, so wurden sie unter einem Winkel von 43 Secunden gesehen. Er berechnete nun die Vergrösserung, die nothwendig wäre, um die Linien seiner mikroskopischen Probeplatte (vergl. pag. 190) zu sehen, wenn das Mikroskop ein eben so scharfes Bild, als das blose Auge, geben würde, und mass die Vergrösserung, welche er bei seinem Mi-

kroskope anwenden musste, um die Liniengruppen in einzelne Streifen aufzulösen; aus der berechneten und beobachteten Vergrösserung leitete er nun die Undeutlichkeit der letzteren ab. Die folgende Tabelle enthält das Resultat dieser Versuche; die Spalte E′ enthält die Entfernungen der mikrometrischen Linien, die Spalte m die berechnete Vergrösserung, unter welcher bei einem vollkommen guten Mikroskope die Trennung derselben erfolgen würde; die Spalte m′ enthält die beobachtete, hiezu nöthige Vergrösserung, die Spalte d das Verhältniss der Deutlichkeit der angewendeten Vergrösserung m′ zu der des blosen Auges, die letztere = 1 gesetzt.

E.′	m.	m.′	d.
0‴,001000	50	72	0,69
0,000857	58	104	0,56
0,000735	68	112	0,61
0,000631	79	170	0,46
0,000540	93	240	0,39
0,000463	108	305	0,35
0,000397	126	405	0,31
0,000340	147	510	0,29
0,000292	171	720	0,24
0,000250	222		

Nach diesen Versuchen würde also bei einer 70fachen Vergrösserung etwa $^2/_3$, bei einer 170fachen etwa die Hälfte, bei einer 700fachen nicht ganz $^1/_4$ von der Deutlichkeit des Sehens mit blosem Auge vorhanden sein. Wenn nun gleich, wegen der Verschiedenheit, welche die Linien verschiedener Mikrometer in Hinsicht auf scharfe Begrenzung, Dunkelheit u. s. w. zeigen, dieselben kaum als ein passendes Mittel erscheinen, um Mikroskope zu prüfen, so gibt doch diese Tabelle einen ungefähren Anhaltungspunkt, um die mit der steigenden Vergrösserung verbundene Abnahme der Deutlichkeit des mikroskopischen Bildes zu veranschaulichen, und zeigt deutlich, wie sehr die Mikros-

kope in ihren Leistungen gewinnen würden, wenn es den Optikern gelänge, auch ohne die Vergrösserungen zu steigern, dem Bilde eine grössere Schärfe zu ertheilen.

Wie wenig übrigens die in obiger Tabelle (in der Spalte m') enthaltenen Zahlen, welche die anzuwendende Vergrösserung anzeigen, einen absoluten, für die verschiedenen neueren Mikroskope gleichbleibenden Werth besitzen, ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen, welche die Resultate der Untersuchung zweier *Nobert*'scher Probeplatten enthält, die ich mit meinen Mikroskopen anstellte. Die Spalte a bezeichnet die in der obigen Tabelle unter E' aufgeführten Liniengruppen, die Spalte b die von *Nobert* berechneten Vergrösserungen, welche bei vollkommener Güte des Mikroskopes zur Erkennung der Linien nöthig wären, auf eine Sehweite von 8'' reducirt; die Spalte c die von *Nobert* beobachteten Vergrösserungen ebenfalls auf 8'' Sehweite *) reducirt, die Spalten d und e die von mir beobachteten Vergrösserungen, wobei sich die Spalte d auf eine Platte bezieht, deren Striche schmäler und weniger schwarz erschienen, als bei der zweiten Platte, auf welche sich die Spalte e bezieht. Meine Untersuchungen dieser Platten wurden mit zwei *Plössl*'schen und einem *Amici*'schen Mikroskope angestellt; die neben den Zahlen stehenden Buchstaben P und A zeigen an, ob die angegebene Vergrösserung mittelst eines *Plössl*'schen oder *Amici*'schen Objectives erhalten wurde. Hiebei ist zu bemerken, dass diese Zahlen nicht immer das Minimum der Vergrösserung, mittelst deren die Linien zu sehen waren, angeben mögen, indem die gebrauchten Mikroskope nicht mit ausziehbaren Röhren versehen sind, also keine allmählige Steigerung der Vergrösserung zulassen; es kamen desshalb beim Wechseln der Objective Sprünge in der Vergrös-

*) Ich muss nämlich annehmen, dass *Nobert* die Messungen der Vergrösserungen seines Mikroskopes bei 10'' Entfernung vornahm, indem er, wie oben angeführt, seine Probeplatte mit blosem Auge in dieser Entfernung betrachtete.

serung vor, und es würden ohne Zweifel in manchen Fällen die Linien auch mit Vergrösserungen zu sehen gewesen sein, die zwischen die von mir gebrauchte stärkere und die nicht zureichende schwächere Vergrösserung fallen. In den Bemerkungen ist angegeben, ob die Linien einer bestimmten Gruppe sich als sehr feine, einander äusserst genäherte, jedoch deutlich getrennte Striche zeigten, oder ob ich sie auf eine sehr deutliche und auffallende Weise sah; einigemahl habe ich auch durch das Wort „gestreift“ angegeben, dass die Liniengruppe noch nicht in Striche aufgelöst, sondern nur mit nicht einzeln zu sehenden Streifen überzogen erschien.

a.	b.	c.	d.	e.
1	40	58	44 A. fein. 52 P. sehr deutlich.	44 A. fein, aber sehr deutlich.
2	46	83	58 A. äusserst fein. 66 A. deutlich.	44 A. fein gestreift. 58 A. sehr deutlich.
3	55	90	66 A. fein gestreift. 80 P. deutlich. 100 A. sehr deutlich.	58 A. fein gestreift. 66 A. deutlich.
4	63	136	90 P. sehr fein. 100 A. deutlich. 112 P. sehr deutlich.	66 A. sehr fein. 97 A. deutlich.
5	74	180	112 P. sehr fein. 132 P. deutlich.	100 A. deutlich.
6	86	244	188 P. sehr fein. 228 A. deutlich.	100 A. sehr fein. 147 A. deutlich.
7	101	324	225 P. fein. 239 A. deutlich.	147 A. sehr fein. 156 A. deutlich.
8	118	408	261 A. deutlich. 300 P. deutlich.	154 P. sehr fein. 220 P. deutlich.
9	137	576	261 A. sehr fein. 384 A. sehr deutlich.	220 P. fein gestreift. 261 A. deutlich. 384 A. sehr deutlich.
10	178			

Die 10te Liniengruppe sah ich zwar schon mit 261 A. deutlich gestreift, ich konnte sie aber mit keiner mir zu Gebote stehenden Vergrösserung in getrennte Linien auflösen.

Diese Nebeneinanderstellung der von *Nobert* und von mir erhaltenen Resultate zeigt, dass ich durchgängig im Stande war, die Linien mit einer schwächeren Vergrösserung deutlich zu machen, als dieses *Nobert* gelungen ist. In wie weit an dieser Verschiedenheit abweichende Güte der von uns benützten Mikroskope oder der Umstand, dass ich bei den meisten von mir benützten Objectiven Deckgläser von gehöriger Dicke anwendete und überhaupt keine, bei schwierigen mikroskopischen Beobachtungen zu beachtende Regel versäumte, oder endlich grosse Verschiedenheit der Probeplatten Schuld tragen, bin ich ausser Stande zu beurtheilen, da ich weder die *Nobert*'schen Mikroskope, noch die von ihm benützte Probeplatte kenne. Dass die von *Nobert* verfertigten Probeplatten nicht ganz gleich sind, geht aus der Vergleichung der Spalten d und e hervor. Vielleicht ist es nicht überflüssig, zu bemerken, dass *Nobert* bei seinen Beobachtungen Lampenlicht anwendete, während ich, da ich der künstlichen Beleuchtung überhaupt gram bin, das gewöhnliche Tageslicht benützte.

Welchen grossen Nutzen die Vermehrung der Schärfe des Bildes gewährt, dafür mag folgendes, von *Jacquin* angeführtes Beispiel sprechen. Es war demselben unmöglich, mit den *Fraunhofer*'schen Mikroskopen auf den Schuppen der Kleidermotte eine Spur von Längenstreifen zu sehen. Mit dem katadioptrischen Mikroskope von *Amici* waren sie mit Vergrösserungen von 120 bis 240 wohl zu sehen. Mit einem *Plössl*'schen Mikroskope waren diese Streifen bei Anwendung eines einfachen Objectives von 90facher Vergrösserung nicht zu sehen, dagegen waren sie bei Verbindung zweier Objective und 72facher Vergrösserung bereits gut zu erkennen, und traten bei einer Combination von drei Objectiven und einer Vergrösserung von 80 mit auffallender Klarheit hervor.

Ein weit untergeordneterer Punkt, als die Schärfe des Bildes und die penetrirende Kraft des Instrumentes, ist die vollständige Achromaticität desselben. Obgleich die Farbenabweichung bis zu einem hohen Grade gehoben sein muss, wenn das Bild scharf sein soll, so geht doch die Schärfe des Bildes mit dem Achromatismus nicht parallel; der letztere ist desshalb von secundärer Wichtigkeit, und wenn nur das Bild scharf ist, so ist es verhältnissmässig unwichtig, ob es farbenfrei, oder in chromatischer Beziehung unter- oder übercorrigirt ist. Es gibt Objective, welche bei schief von unten einfallendem Lichte sehr starke Farbensäume zeigen, und dennoch bei gerade von unten einfallendem Lichte ein Bild von höchster Schärfe geben, während andere weit mehr achromatisch sind und in Hinsicht auf Schärfe des Bildes weit zurückstehen.

Eine weitere Rücksicht, die ich ebenfalls nicht in die erste Linie stellen möchte, ist die Lichtstärke. Ein auffallender Mangel derselben ist ein entschiedener Fehler, denn er gibt zu unnöthiger Anstrengung des Auges Veranlassung, und hindert bei trübem Wetter manche Beobachtungen zu machen, welche mit einem lichtstarken Instrumente noch gut ausführbar sind. Die meisten neueren achromatischen Mikroskope sind jedoch bei der Betrachtung durchscheinender Objecte mit solchen Vergrösserungen, bei welchen man in Hinsicht auf Erkennung eines feinen Details noch etwas gewinnt, von diesem Fehler frei zu nennen, indem sie bei der Beleuchtung mittelst des gewöhnlichen Tageslichtes, wenn das Wetter nicht ungewöhnlich trüb ist, bei 300- bis 500fachen Vergrösserungen noch vollkommen hinreichende Helligkeit besitzen. Den absoluten Helligkeitsgrad zu bestimmen, welchen man als Minimum vom Mikroskope verlangen soll, ist nicht leicht; ich möchte jedoch in dieser Beziehung die Regel aufstellen, dass bei Anwendung der stärksten Objective und bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung, wenn der Beleuchtungsapparat so gestellt ist, dass man das deutlichste Bild erhält, das Gesichtsfeld des Mikros-

kopes, wenn man mit dem einen Auge in das Instrument und mit dem andern auf ein vom Tageslichte gut erhelltes Papier sieht, zum mindesten denselben Helligkeitsgrad zeigen soll, wie ihn das freie Auge vom Papier erhält. In diesem Falle würde also die mikroskopische Beobachtung bei einer ähnlichen Beleuchtung stattfinden, wie das gewöhnliche Lesen und Schreiben. Diese Forderung erfüllt ein lichtstarkes Mikroskop noch bei einer Vergrösserung von etwa 300- bis 400mahl. Die schwächeren Vergrösserungen geben natürlicherweise ein weit intensiveres Licht, welches durch Blendungen gemildert werden muss.

Um die relative Helligkeit zweier Mikroskope zu bestimmen, gibt *Goring* (micrographia. 114.) ein Mittel an, welches ein sehr bestimmtes, wenn gleich nicht in Zahlen ausdrückbares Resultat zu geben geeignet ist. Dasselbe besteht darin, dass man die zu vergleichenden Mikroskope (ohne Beleuchtungsapparat) mit ihren Objectiven des Abends gegen dieselbe Stelle des Himmels richtet und bei zunehmender Dunkelheit beobachtet, in welchem der Instrumente das Bild eines Objectes, auf welches sie eingestellt sind, zuerst verschwindet. Dieses ist natürlicherweise das lichtschwächere. Um eine genaue, in Zahlen auszudrückende Vergleichung anzustellen, müsste man die von *Steinheil* erfundenen photometrischen Apparate anwenden; ich sehe jedoch den praktischen Nutzen einer solchen genaueren Messung nicht ein.

Manche Leser erwarten vielleicht, dass ich am Schlusse dieses Capitels mein Urtheil über die mir bekannten neueren Mikroskope abgebe. Ich habe vor ein paar Jahren einen Aufsatz über die Wahl eines Mikroskopes geschrieben und dabei durch Reclamationen, die mir zukamen, zur Genüge erfahren, dass Dr. *Goring* nicht ganz Unrecht hatte, als er sich scheute, sein Urtheil über die ihm bekannten Mikroskope zu publiciren, indem er meinte, die Forderung, dieses zu thun, heisse ebensoviel, als von ihm zu verlangen, er solle sein Urtheil über die Schönheit von einem halben Dutzend Frauen zu ihrer eigenen und ihrer

Liebhaber Zufriedenheit abgeben. Wenn nun gleich die Gefahr, unversöhnlichen Hass auf sich zu laden, für den Beurtheiler von Mikroskopen etwas kleiner ist, so habe ich doch einen andern Grund, auf die Sache nicht einzugehen. Man müsste nämlich, um ein in jeder Beziehung gerechtes Urtheil abgeben zu können, gerade von einer zu diesem Zwecke durch halb Europa gemachten Reise zurückkehren, auf welcher man durch Vergleichung der neuesten Mikroskope der verschiedenen Künstler sich mit dem gerade im gegenwärtigen Augenblicke stattfindenden Stande der Sache vertraut gemacht hätte. Es sei mir daher erlaubt, nur ganz kurz diejenigen Mikroskope anzuführen, welche ich unbedingt für die besten, die mir vorgekommen sind, erklären muss, wobei ich freilich nicht wissen kann, ob nicht neuere Instrumente, die mir noch nicht zu Gesicht kamen, z. B. die in der letzten Zeit von *Schiek*, die von *Nobert* verfertigten, einzelnen der genannten gleichstehen.

Obenan stelle ich unbedingt die neueren Mikroskope von *Amici*. Nicht blos übertreffen ihre stärksten Objective an penetrirender Kraft alle andern mir bekannten Instrumente, sondern sie haben auch bei den mittleren Vergrösserungen den Vorzug, dass bei der Construction ihrer Objective Rücksicht auf die Dicke des Deckglases genommen ist.

Eine Stufe, jedoch nicht viel niederer, stelle ich die Mikroskope von *Plössl* (*Simon Plössl*, Optiker und Mechaniker in Wien, alte Wieden, Feldgasse, am Eck der Schmölerlgasse, Nro. 215), und von *Oberhäuser* (*Georges Oberhäuser*, ingénieur opticien, place Dauphine. 19. Paris). Die *Plössl*'schen Instrumente zeichnen sich durch eine ungemeine Schärfe des Bildes aus, und ich stelle sie in dieser Hinsicht bis zu einer etwa 250mahligen Vergrösserung den *Amici*'schen Instrumenten nicht nach; der einzige Wunsch, den ich in Beziehung auf dieselben habe, besteht darin, dass *Plössl* sich dazu verstehen möchte, noch stärkere Objective zu verfertigen und auf die Dicke der Deckgläser Rück-

sicht zu nehmen. Die *Oberhäuser*'schen Instrumente stehen ebenfalls schon längst in wohlverdientem Rufe; ich musste zwar die früheren Instrumente dieses Optikers in Hinsicht auf Schärfe des Bildes bei den stärkeren Vergrösserungen den *Plössl*'schen etwas nachsetzen, allein *Oberhäuser* hat in der neueren Zeit bemerkenswerthe Fortschritte in dieser Beziehung gemacht, so dass ein in der letzten Zeit von ihm verfertigtes Instrument, welches ich genau untersuchte, bei Anwendung seiner stärksten Objective, die einen weit kürzeren Focus, als die stärksten *Plössl*'schen besitzen, bei gehöriger Correction ein Bild gab, welches in Hinsicht auf Penetration einem *Plössl*'schen Instrumente nicht im mindesten nachsteht und noch Vergrösserungen zulässt, die bei einem *Plössl*'schen nicht mehr mit Vortheil zu gebrauchen sind.

---

7. Messung der Vergrösserung.

Da es in sehr vielen Fällen von Wichtigkeit ist, die Vergrösserungskraft des zu einer gewissen Untersuchung verwendeten Mikroskopes zu bestimmen, so ist eine Methode, nach welcher dieses auf eine leichte und hinreichend genaue Weise geschehen kann, von grossem praktischem Werthe.

Ein jedes Lehrbuch der Physik enthält die Anleitung, wie die Vergrösserungskraft eines Mikroskopes aus der Focallänge seines Objectives und der das Ocular zusammensetzenden Gläser berechnet werden kann; da aber die Messung der Brennweite dieser Gläser mit vielen Umständen verbunden ist und man dabei leicht Fehler begehen kann, welche das Gesammtresultat in nicht unbedeutendem Grade unrichtig machen können, so ist die directe Messung der Vergrösserungskraft des ganzen Instrumentes nicht blos bequemer, sondern auch sicherer. In dieser Hinsicht leistet die Methode von *Jacquin* (*Baumgartner's* und *Ettingshausen's* Zeitschrift für Physik und Mathematik. T. IV. 1. 1828) jeder bil-

ligen Anforderung volles Genüge. Sie besteht einfach darin, dass man das Bild eines unter dem Mikroskope liegenden Mikrometers mittelst eines am Oculare befindlichen *Sömmerring*'schen Spiegels oder einer analogen, als Camera lucida wirkenden Vorrichtung auf einen in paralleler Richtung mit der Mikroskopröhre in der Entfernung der deutlichen Sehweite von der Achse des Mikroskopes aufgestellten Maassstab projicirt. Wird die Beleuchtung sowohl des Mikroskopes als des Maassstabes gehörig regulirt, so ist es (mit Ausnahme der sehr starken Vergrösserungen) sehr leicht, das Bild des Mikrometers auf dem Maassstabe zu sehen und zu ermitteln, wie viele Abtheilungen des Mikrometers einer bestimmten Zahl von Abtheilungen des Massstabes entsprechen. Es ist natürlicherweise, um sich Reductionen des einen Maasses auf ein anderes zu ersparen, bequemer, jedoch nicht nothwendig, einen Maassstab zu verwenden, welcher nach dem gleichen Maasse, wie der Mikrometer, getheilt ist. Die Theilung des Maassstabes ist fein genug, wenn sie Linien angibt; die Theilung des Mikrometers genügt, wenn sie Fünfzigstel-, im höchsten Falle Hundertel-Linien beträgt. Bei schwachen Vergrösserungen sind Mikrometer von der angegebenen Theilung wegen der grossen Zahl von Strichen, die ins Gesichtsfeld fallen, unbequem und es genügt, einen metallenen, in Linien oder Millimeter getheilten Maassstab als Object zu verwenden. *Jacquin* verwendete eine auf schwarzem Kartenpapier mit weisser Farbe aufgetragene Scale als Maassstab und stellte seine Messungen immer bei künstlicher Beleuchtung an; ich finde einen mit Tusche auf weissem Kartenpapier gezeichneten Maassstab und die gewöhnliche Tagesbeleuchtung vollkommen ausreichend.

Ettingshausen machte über diese Messungsmethode einige sehr richtige Bemerkungen (*Baumgartner* und *Ettingshausen*, Zeitschrift für Physik und Mathematik. V. 1829. p. 316). Er gibt nämlich den Rath, bei Mikroskopen, die ein grosses Gesichtsfeld haben, dieses durch eine auf die Blendung aufgelegte, mit

einer kleineren Oeffnung versehene Metallplatte zu beschränken, um den äussern Theil des Gesichtsfeldes, welcher eine andere Vergrösserung, als die Mitte des Gesichtsfeldes gibt, auszuschliessen.

Ferner bemerkt *Ettingshausen*, dass nicht alle Vergrösserungen des Mikroskopes auf diese Weise mit gleicher Sicherheit gemessen werden, sondern dass hauptsächlich diejenigen Vergrösserungen, welche durch Verbindung der verschiedenen Oculare mit den schwächeren Objectiven erhalten werden, ein genaues Resultat geben, insofern man mittelst derselben die Striche des Mikrometers noch hinreichend fein sehe. Er hält es desshalb für passender, für jedes Ocular des Mikroskopes nur die Vergrösserung zu messen, welche dasselbe mit einem passenden Objective gibt, und die Vergrösserungen, welche dieses Ocular mit den andern Objectiven gibt, zu berechnen. Es verhalten sich die Vergrösserungen, welche zwei verschiedene Objective mit dem nämlichen Oculare geben, verkehrt wie die absoluten Grössen der linearen Dimensionen, welche bei diesen Objectiven gleich gross erscheinen, oder deren Bilder innerhalb der zum Oculare gehörenden Blendung gleiche Räume einnehmen. Betrachtet man also mit dem Mikroskope einen Mikrometer und zählt beim Gebrauche verschiedener Objective ab, wie viele Theilstriche der Durchmesser des Gesichtsfeldes (welches durch eine enge Blendung zu verkleinern zweckmässig ist) enthält, so müssen die Mengen der gesehenen Theilstriche mit den diesen Objectiven zugehörigen Vergrösserungsexponenten multiplicirt, gleiche Producte geben. Hieraus folgt, dass man das Product aus dem nach der Methode von *Jacquin* bestimmten Vergrösserungsexponenten einer gewissen Verbindung der Bestandtheile des Mikroskopes mit der Anzahl der Mikrometertheile, welche dabei in dem Durchmesser des Gesichtsfeldes liegen, nur durch die Anzahl der Mikrometertheile, welche der Durchmesser des Gesichtsfeldes bei demselben Oculare in Verbindung mit einem andern Objective umfasst, zu dividiren habe, um den Vergrösserungexponenten für letzteres Objectiv zu erhalten.

Ettingshausen erläutert das Gesagte durch folgendes Beispiel. Auf die Blendung eines *Plössl*'schen Mikroskopes wurde ein Metallplättchen mit einer runden, etwa $1^2/_3$ Linien im Durchmesser haltenden Oeffnung aufgelegt, und ein in Sechzigtellinien getheilter Mikrometer als Object benützt. Bei sieben, mit verschiedenen Objectiven angestellten Beobachtungen wurden im Durchmesser des nun vorhandenen Gesichtsfeldes 78, 38, 30, 18, 25, 18, $12^1/_2$ Theilstriche des Mikrometers gesehen. Die Vergrösserung, welche bei der sechsten Beobachtung angewendet wurde, war durch den *Sömmerring*'schen Spiegel gemessen und = 60 gefunden worden. Bildet man nun das Product aus der dem Durchmesser des Gesichtsfeldes für dieses Objectiv entsprechenden Zahl 18 mit 60, nämlich 1080, so werden die Vergrösserungen für die übrigen Objective durch die Quotienten $\frac{1080}{78}$, $\frac{1080}{38}$, $\frac{1080}{30}$, $\frac{1080}{18}$, $\frac{1080}{38}$, $\frac{1080}{18^1/_2}$, oder, wenn man die denselben zunächst liegenden ganzen Zahlen nimmt, durch 14, 28, 36, 60, 28, 86 ausgedrückt.

Diese *Ettingshausen*'sche Methode ist ohne Zweifel in allen Fällen, in welchen es sich um Bestimmung stärkerer Vergrösserungen handelt, der *Jacquin*'schen vorzuziehen, denn die letztere ist nicht blos bei stärkeren Vergrösserungen weit anstrengender für das Auge, sondern auch desshalb nicht ganz sicher, weil die Striche des Mikrometers mit einer sehr bedeutenden Breite gesehen werden. Dagegen leidet die Methode von *Ettingshausen* an dem Uebelstande, dass sehr häufig nicht eine bestimmte Anzahl von Abtheilungen des Mikrometers die Breite der Blendung gerade ausfüllt, sondern dass gewöhnlich ein Bruchtheil der letzten Abtheilung geschätzt werden muss, und dass desshalb bei starken Vergrösserungen, bei welchen nur eine kleine Anzahl solcher Abtheilungen ins Gesichtsfeld fällt, durch eine unrichtige Schätzung kein ganz unbedeutender Fehler veranlasst werden kann. Ich halte es daher für weit zuverlässiger, anstatt einen Glasmikrometer als Object zu benützen, das Mikroskop auf einen in eine Glas-

platte geschnittenen feinen Diamantstrich einzustellen, und die Glasplatte durch den Schraubenmikrometer unter dem Mikroskope durchzuführen. Hiebei ist es sehr leicht, den Ein- und Austritt des Bildes vom Diamantstriche in das Gesichtsfeld genau zu sehen, und es gibt die Anzahl der Windungen der Mikrometerschraube, die zu dem Durchführen des Striches durch das Gesichtsfeld nöthig sind, ein weit genaueres Maass, als ein Glasmikrometer. Ich gebe zu, dass dieses Verfahren zeitraubend ist, an Genauigkeit verdient es aber wohl unbedingt den Vorzug vor der Methode von *Ettingshausen*. Eine ganz genaue Bestimmung der Vergrösserung wird man allerdings auch auf diese Weise nicht erhalten. Man erhält zwar durch dieselbe das Verhältniss der Vergrösserungskraft der verschiedenen Objective desselben Mikroskopes so genau, als man es nur wünschen mag, allein die Berechnung wird dadurch unsicher, dass sie sich auf die nach der *Jacquin*'schen Methode angestellte Messung der Vergrösserung stützt, welche das Mikroskop mit einem dieser Objective gibt. Diese Messung ist schwer in voller Schärfe auszuführen und zwar aus zwei Gründen. Einmahl begeht man bei der Vergleichung des durch den *Sömmerring*'schen Spiegel gesehenen Mikrometerbildes mit der Scale leicht Fehler, welche zuweilen nicht ganz unbedeutend sind, indem man zwei Striche beider Scalen als übereinanderfallend betrachten kann, wenn sie nicht genau zusammenfallen, oder indem, wenn das Auge sich bewegt, kleine Verschiebungen der Scalen gegeneinander vorkommen, welche die Vergleichung derselben unsicher machen. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass man bei dieser Messungsmethode Fehler begeht, wenn man die Vergrösserungen desselben Mikroskopes wiederholt, zu verschiedenen Zeiten nach derselben bestimmt, indem die Resultate der Messungen nicht immer übereinstimmend sein werden. Es wäre desshalb zweckmässiger, wenn gleich nicht bequemer, das Bild des Mikrometers nicht auf eine Scale, sondern auf eine gleichförmige Fläche zu projiciren, dasselbe mit dem Zirkel zu

messen und aus mehreren Messungen das Mittel zu ziehen, bei welcher Methode man die Entfernung zweier Striche des Mikrometerbildes weit genauer, als bei der Projection desselben auf eine Scale finden könnte. Zweitens setzt die *Jacquin*'sche Methode voraus, dass ein Mikrometer angewendet wird, welcher sowohl gleichförmig, als auch genau nach einem bestimmten Maasse getheilt ist. Wie wenig aber diesen Anforderungen die meisten Glasmikrometer entsprechen, davon wird weiter unten im Capitel von der mikrometrischen Messung die Rede sein. Wenn daher auch nach der von mir vorgeschlagenen Methode die relative Vergrösserungskraft der verschiedenen Objective desselben Mikroskopes sehr genau ausgemittelt werden kann, so kann sich doch bei der Berechnung ihrer absoluten Grösse durch einen bei der Messung des der Rechnung zu Grunde gelegten Objectives begangenen Fehler in das Resultat der Rechnung ein Fehler einschleichen, welcher leicht mehrere Hunderttheile der Gesammtgrösse beträgt.

Ein Beispiel wird dieses wohl am besten zeigen. Ich bestimmte auf die angegebene Weise die Vergrösserungen eines *Plössl*'schen Mikroskopes. Um beim Einstellen des Diamantstriches zwei feste Punkte und zugleich ein beschränktes Gesichtsfeld zu haben, legte ich auf die Blendung des Oculares einen Ring, in welchem in der Richtung von Radien zwei Nadeln befestigt waren, deren Spitzen vom Mittelpunkte des Ringes etwa 1 Millimeter weit abstanden; zwischen diesen Spitzen wurde das Bild des Diamantstriches durch den Schraubenmikrometer hin und her geführt. Nun mass ich mittelst der *Jacquin*'schen Methode die Vergrösserungen, welche zwei der untersuchten Objective gaben, mit dem einen vergrösserte das Mikroskop 60-, mit dem andern 112mahl im Durchmesser. Wären diese beiden Messungen richtig gewesen, so hätten diese Zahlen mit den durch den Schraubenmikrometer angegebenen multiplicirt das gleiche Product geben müssen. Das war aber nicht der Fall. Der Schraubenmikrometer gab bei

der 60fachen Vergrösserung 1,039 und bei der 112fachen 0,538 an; nun ist aber 60 × 1039 = 62340 und 112 × 538 = 60256. Da ich keinen Grund hatte, die eine dieser Messungen für besser, als die andere zu halten, so legte ich der Berechnung das Mittel aus diesen Zahlen zu Grunde. Aus derselben ergaben sich für die Vergrösserung der verschiedenen Objective folgende Zahlen, welchen ich in Klammern die nach der *Jacquin*'schen Methode gefundenen beisetze: 28 (28), 59 (60), 90 (90), 114 (112), 130 (132), 293 (290). Die mittelst der Messung mit dem Schraubenmikrometer gefundenen Zahlen nähern sich ohne Zweifel der Wahrheit mehr, als die mittelst der *Jacquin*'schen Methode gefundenen, allein die Differenzen zwischen den Resultaten beider Messungsarten sind, wie man sieht, nicht so bedeutend, um nicht auch die letztere als vollkommen ausreichend erkennen zu lassen, indem es vollkommen gleichgültig ist, ob die Vergrösserung, mit welcher man ein Object untersuchte, 293 oder 290fach ist. Insoferne wird bei der von mir vorgeschlagenen Methode bei schwachen und mittleren Vergrösserungen in Beziehung auf die Sicherheit des Resultates allerdings nicht viel gewonnen werden; anders wird es sich aber bei stärkeren Vergrösserungen verhalten, bei welchen die *Jacquin*'sche Methode nicht blos beschwerlich und anstrengend für das Auge ist, sondern bei welchen auch leichter Fehler begangen werden können, weil mit der zunehmenden Breite der Striche des Mikrometerbildes und mit der abnehmenden Schärfe und Lichtstärke des Bildes die Vergleichung desselben mit der Scale weit schwieriger wird, während die Messung mit dem Schraubenmikrometer an Schwierigkeit nicht zunimmt. Ungeachtet unter diesen Umständen wegen grösserer Leichtigkeit und Sicherheit die Anwendung des Schraubenmikrometers vor der *Jacquin*'schen Methode den Vorzug verdienen mag, so wäre es doch ein Irrthum zu glauben, dass nicht auch die letztere Methode, wenn man sorgfältig zu Werke geht, sehr brauchbare Resultate geben würde. Ich bestimmte, um diese

Methoden zu vergleichen, bei dem vorhin angeführten *Plössl*'schen Instrumente die Vergrösserungen, welche seine stärksten Objective (nro 5—7) mit den stärkeren Ocularen (2—5) geben, und erhielt hiebei folgende Zahlen, welchen ich wie vorhin die durch die *Jacquin*'sche Methode gefundenen in Klammern beisetze: 472 (475), 908 (900), 1085 (1150), 1474 (1500).

Es bemerkt *Ettingshausen* ferner, dass man, anstatt das Gesichtsfeld auf die oben beschriebene Weise zu verengen, auch einen Mikrometer auf die Blendung des Oculares legen und abzählen könne, wie viele Theilstriche des als Object dienenden (unteren) Mikrometers zwischen zwei beliebige Grenzstriche des auf der Blendung liegenden (oberen) fallen oder besser, man könne aus der Vergleichung der Bilder beider Mikrometer in Hinsicht auf das Zusammenfallen zweier Paare von Theilstrichen berechnen, wie viele Theile des oberen Mikrometers auf einen Theil des unteren gehen. Die Vergrösserungen, welche verschiedene Objective mit demselben Oculare geben, verhalten sich direct wie die so gefundenen Zahlen.

Da die Zahl, welche die Vergrösserung eines Mikroskopes ausdrückt, sich auf die Annahme einer bestimmten natürlichen Sehweite bezieht, diese aber willkührlich ist und bald grösser, bald kleiner angenommen wird, so hält es *Goring* für passender, nicht die Vergrösserungskraft eines Mikroskopes anzugeben, sondern auszumitteln, wie gross die Brennweite einer einfachen Linse ist, welche die gleiche Vergrösserung gibt, wie das in Frage stehende zusammengesetzte Mikroskop und diese Brennweite anzugeben. Für dieses Verfahren spricht allerdings, dass man dabei Zahlen erhält, welche einen absoluten Werth haben und die nicht von der willkührlichen Annahme der Sehweite abhängen; auf der andern Seite muss aber auch zugegeben werden, dass hiebei im Grunde nicht viel gewonnen wird, indem man doch, um eine Vorstellung von der durch das Mikroskop erhaltenen Vergrösserung zu erhalten, genöthigt ist, dieselbe aus der Angabe

der Brennweite zu berechnen, was nicht geschehen kann, ohne dass man eine bestimmte Sehweite zu Grunde legt, womit wieder die gleiche Unsicherheit eintritt. Die ganze Methode ist daher im Grunde nur ein Umweg, um zu demselben Resultate zu gelangen, welches die *Jacquin*'sche Methode direct liefert. Ich halte es daher auch für überflüssig, die Methoden anzuführen, welche *Goring* anwendet, um die Brennweite einer Linse auszumitteln, welche die gleiche Vergrösserung mit einem zusammengesetzten Mikroskope besitzt und verweise desshalb auf die von *Goring* und *Pritchard* herausgegebene Micrographia p. 67.

Das Dissectionsmikroskop.

Der Umstand, dass das zusammengesetzte Mikroskop die Objecte in umgekehrter Lage zeigt, ist für die mikroskopische Untersuchung mit ebensowenig Nachtheilen verbunden, als für den Astronomen das umgekehrte Bild seines Fernrohres. Anders verhält sich dagegen die Sache, wenn man das zusammengesetzte Mikroskop zur Präparation feiner Objecte verwenden will, indem hier die Umkehrung des Bildes beinahe unübersteigliche Hindernisse in den Weg legt. Uebung lässt allerdings die durch diesen Umstand verursachten Schwierigkeiten bis auf einen gewissen Grad überwinden, ich zweifle aber, ob sich je irgend ein mikroskopischer Beobachter die Fähigkeit erwarb, eine schwierige Zergliederung unter einem Instrumente, welches ein verkehrtes Bild gibt, vorzunehmen. Da nun das einfache Mikroskop den Uebelstand hat, dass dasselbe dem Objecte sehr nahe gebracht werden muss, wenn die Vergrösserung auch nur auf einen mässigen Grad steigen soll, so war der Wunsch, durch Verwendung des zusammengesetzten Mikroskopes zu diesem Zwecke grösseren Raum für die Zergliederungswerkzeuge zu gewinnen, ein sehr natürlicher. Es lag desshalb für die Optiker die Aufforderung nahe, zusammengesetzte Mikroskope, welche ein aufrechtes Bild geben, zu verfertigen.

Die Ausführung dieses Planes wurde auf zwei wesentlich verschiedene Weisen versucht.

Einmahl wurde nämlich, entsprechend der Einrichtung des

Oculares für terrestrische Fernröhren, in die Röhre des gewöhnlichen zusammengesetzten Mikroskopes und bei Beibehaltung des gewöhnlichen Oculares ein der vorderen Hälfte jenes Oculares entsprechendes Stück (Tab. IV. fig. 1) eingesetzt, welches zwei planconvexe, mit ihren convexen Seiten nach oben gewendete Gläser enthält (*Pritchard* and *Goring*, microsc. illustr. Tab. IV. fig. A). Welchen Erfolg dieses Verfahren auf die Reinheit und Lichtstärke des Bildes ausübt, ist mir aus eigener Anschauung nicht bekannt.

Eine andere Methode beruht auf der Anwendung rechtwinkliger Glasprismen. Wenn nämlich die Röhre des Mikroskopes rechtwinklig gebrochen und in den Winkel, unter welchem der untere senkrechte und der obere horizontale Theil der Röhre zusammenstossen, ein Prisma eingesetzt ist, so wird in Folge der an der Hypothenuse desselben stattfindenden Spiegelung das Bild zwar nicht in Beziehung auf Rechts und Links, aber in Hinsicht auf Oben und Unten umgewendet, kommt also in dieser letzteren Beziehung (da das Mikroskop ein umgekehrtes Bild gibt) in seine natürliche Lage. Um nun das Bild dem Objecte in seiner Lage völlig entsprechend zu machen, ist daher noch nothwendig, das Bild auch von rechts nach links umzuwenden. Dieses kann durch Anwendung eines rechtwinkligen Prismas geschehen, welches auf das Ocular aufgesteckt wird, und eine solche Lage hat, dass man durch dasselbe in einer mit seiner Hypothenuse parallelen Richtung in das Mikroskop sieht (Tab. IV. fig. 2. 3). In dieser Lage gibt nämlich ein rechtwinkliges Prisma ebenfalls ein Spiegelbild, ohne die gerade Richtung der Lichtstrahlen abzulenken *),

*) Tab. I. fig. 11 zeigt den Weg, welchen bei dieser Lage die Lichtstrahlen im Prisma nehmen. Es erleiden die mit der Hypothenuse parallel einfallenden Strahlen a a′ bei b b′ eine vollständige Reflection und treten parallel mit ihrer früheren Richtung, aber in umgekehrter Ordnung c c′ wieder aus dem Prisma aus, entwerfen also ein Spiegelbild des Objectes.

wie dieses der Fall ist, wenn man in senkrechter Richtung auf eine der Catheten des Prismas sieht, in welchem Falle Tab. I. fig. 12 das Spiegelbild a′ b′ c′ in einem rechten Winkel gegen das Object a b c geneigt ist. Durch diese beiden Prismen wird allerdings der Zweck, das mikroskopische Bild umzukehren, erreicht, allein zum Behufe einer schwierigen Präparation ist die Einrichtung möglichst unbequem, indem durch die Wirkung des im Winkel der gebrochenen Röhre befindlichen Prismas das Bild dem in das Mikroskop sehenden Auge nicht in horizontaler, sondern in senkrechter Richtung erscheint, was wieder einen scheinbaren Widerspruch zwischen der Lage des Bildes und der Bewegung der Hände hervorbringt. Will man daher das Bild durch Anwendung von Prismen umkehren, so muss das Mikroskop eine senkrechte Lage erhalten und es muss die Hypothenuse beider Prismen in eine mit der Mikroskopachse parallele Richtung gebracht werden. Ob je auf diese Weise ein Dissectionsmikroskop construirt wurde, ist mir nicht bekannt.

Die beiden im Vorhergehenden beschriebenen Einrichtungen sind nie in ausgedehnteren Gebrauch gekommen, auch hat die zweite Einrichtung zu viele Unbequemlichkeiten in ihrem Gefolge, als dass man je hoffen könnte, durch Verfolgung dieses Weges zu einem erwünschten Ziele zu gelangen.

Dagegen haben in den letzten Jahren *Oberhäuser* und *Plössl* einen Weg eingeschlagen, welcher vielleicht hoffen lässt, dass wir bei Anbringung weiterer Vervollkommnungen zusammengesetzte Mikroskope, welche den beabsichtigten Zweck vollkommen erfüllen, erhalten werden. Beide Künstler wendeten bei ihren Mikroskopen ein Ocular an, welches ein aufrechtes Bild gibt, ihre Mikroskope stimmen also im Wesentlichen mit der zuerst genannten, in England ausgeführten Einrichtung überein, sie unterscheiden sich jedoch von derselben darin, dass durch eine sehr ausgedehnte Verschiebung des Oculares, ohne das Objectiv zu wechseln, sehr bedeutende Veränderungen in der Stärke der

Vergrösserung hervorgebracht werden können, wesshalb diese Mikroskope mit dem Ausdrucke der pankratischen bezeichnet werden.

Oberhäuser verwendete bei seinem pankratischen Mikroskope als Ocular ein vollständiges zusammengesetztes, mit achromatischem Objective versehenes Mikroskop, welches durch einen Trieb in der mit einem schwachen Objective versehenen Mikroskopröhre auf- und abgeschoben werden kann. Da das untere, an der äusseren Röhre befestigte Objectiv ein verkehrtes Bild entwirft und dieses durch das als Ocular dienende zusammengesetzte Mikroskop betrachtet wird, so erhält natürlicherweise das Bild eine aufrechte Lage. Das als Ocular dienende Mikroskop gibt bei einem von mir untersuchten, vor etwa vier Jahren von *Oberhäuser* verfertigten Exemplare eine 21mahlige Vergrösserung. Wenn das Mikroskop vom Objecte weit enfernt und desshalb ein sehr kleines Bild des letzteren in geringer Entfernung hinter dem Objective entworfen wird, so muss man, um dieses zur Anschauung zu bringen, das als Ocular dienende Mikroskop tief in die Mikroskopröhre hinabschrauben, und man erhält alsdann bei der geringen Vergrösserungskraft dieses Ocularmikroskopes eine sehr schwache Vergrösserung des Objectes oder vielmehr des in der Mikroskopröhre von ihm entworfenen Bildes. Nähert man dagegen das Objectiv dem Objecte, so wird von diesem in dem obern Theile der Mikroskopröhre ein grösseres Bild entworfen, man muss das Ocularmikroskop stark in die Höhe schrauben und erhält ein stark vergrössertes Bild. Auf diese Weise lässt sich bei diesem Instrumente die Vergrösserung von einer nur 5mahligen durch alle Zwischenstufen zu einer 100mahligen steigern. Bei der ersteren Vergrösserung beträgt die Länge der ganzen Röhre mit dem Oculare $5^2/_3$ par. Zoll, bei der zweiten 8 Zoll. Die Entfernung des Oculares von dem Objecttische bleibt, man mag stärkere oder schwächere Vergrösserungen anwenden, nahezu dieselbe, indem bei den stärkeren Vergrösserun-

gen das Objectiv dem Objecte sehr genähert, bei den schwächeren stark von demselben entfernt wird, wodurch die Verkürzung und Verlängerung der Röhre nahezu ausgeglichen wird. Diese Entfernung des Oculares vom Objecttische wechselt ungefähr zwischen $7^2/_3$ und $8^1/_3$ Zoll. Mit der Steigerung der Vergrösserung wird natürlicherweise das Gesichtsfeld verkleinert; mit der schwächsten Vergrösserung übersieht man ein Object von $7^1/_2$''' Durchmesser, mit der stärksten etwas weniger als 1 Millimeter. Die äussere Einrichtung des Instrumentes, der schwere Fuss, der Objecttisch von schwarzem Glase u. s. w. ist ganz dieselbe, wie bei den gewöhnlichen *Oberhäuser*'schen Mikroskopen der grössten Art; die Bewegung der Röhren geschieht durch Triebwerke. Das Objectiv steht, wenn es dem Objecte am meisten genähert ist, noch um volle 4''' von demselben ab, lässt also den freiesten Gebrauch von Zergliederungsinstrumenten zu, bei den schwächeren Vergrösserungen steht es ohnedies zollweit ab. Die Lichtstärke ist hinreichend und das Gesichtsfeld gibt in seiner ganzen Ausdehnung ein reines Bild. Dagegen ist nicht zu läugnen, dass die Schärfe des Bildes manches zu wünschen übrig lässt; es sind zwar, um bestimmte Objecte anzuführen, auf den Schuppen von *Menelaus* die Längen- und Querstreifen, auf einem Längenschnitte eines Zweiges der Weinrebe die Tüpfel der getüpfelten Röhren und der Markzellen gut zu sehen, und insoferne mag sie für die Präparation aller Objecte genügen, allein die Schärfe, wie sie entsprechende Vergrösserungen eines gewöhnlichen achromatischen Mikroskopes, einer achromatischen Lupe oder eines Dublets besitzen, findet sich bei jenem Instrumente nicht.

Das *Plössl*'sche Dissectionsmikroskop besitzt als Ocular das gewöhnliche Ocular eines terrestrischen Fernrohres; die Einrichtung, dass durch das Ausziehen des Oculares die Vergrösserung gesteigert werden kann, hat es mit dem *Oberhäuser*'schen gemein. Da ich ein *Plössl*'sches Instrument dieser Art nicht zu gleicher Zeit mit einem *Oberhäuser*'schen sah und nicht an schwie-

rigen Probeobjecten prüfte, so wage ich nicht, ein Urtheil über die relative Güte dieser beiden Instrumente zu fällen, doch glaube ich dem *Oberhäuser*'schen nicht Unrecht zu thun, wenn ich dem *Plössl*'schen einen Vorzug in Beziehung auf die Schärfe des Bildes zuschreibe, dagegen möchte das andere einen Vorzug in Beziehung auf die Weite des Gesichtsfeldes verdienen.

Dieser Einrichtung des Dissectionsmikroskopes hat sich in den neueren Zeiten *Oberhäuser* angeschlossen, wie ich aus einem Exemplare ersehe, welches er in den letzten Wochen verfertigte. Die Röhre besteht aus drei, wie bei einem Zugfernrohre sich in einander verschiebenden Stücken, von denen das oberste ein terrestrisches Fernrohrocular enthält. Das Objectiv besteht aus zwei planconvexen achromatischen Linsen, die etwa 1 Zoll von einander entfernt stehen und von welchen die hintere eine sehr bedeutende Breite (beinahe 9‴) besitzt. Die schwächste Vergrösserung, bei welcher das Objectiv vom Objecte um 32‴ absteht, beträgt 6. Man übersieht mit derselben einen Körper von 7‴ Durchmesser. Die stärkste Vergrösserung beträgt 68, man übersieht mit derselben etwas mehr als 1 Millimeter; das Objectiv steht hiebei vom Objecte um 6‴ ab. Dieses Instrument übertrifft das früher von *Oberhäuser* verfertigte bedeutend an Lichtstärke und Schärfe des Bildes, steht jedoch guten Dublets und einem guten gewöhnlichen achromatischen Mikroskope in letzterer Beziehung etwas, jedoch nicht bedeutend nach, so dass der Fortschritt, welchen *Oberhäuser* in der Verfertigung dieser Instrumente machte, beträchtlich ist. Der Grund, warum das Bild den entsprechenden Vergrösserungen eines gewöhnlichen *Plössl*'schen Mikroskopes etwas nachsteht, liegt nicht in Unvollkommenheiten des Objectives (denn dieses gibt mit einem astronomischen Oculare ein völlig tadelloses Bild), sondern in der Anwendung des terrestrischen Oculares. Das Bild ist jedoch jedenfalls so scharf und lichtstark, dass das Instrument zur Präparation auch sehr schwieriger Objecte vollkommen ausreicht, wie daraus erhellen

mag, dass, wenn man einen Durchschnitt durch Hollundermark bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung als opakes Object betrachtet, die Tüpfel der Zellwandungen ganz gut gesehen werden. Diesen guten Eigenschaften steht aber auch eine Schattenseite gegenüber, nämlich die bedeutende Länge der Mikroskopröhre. Der Abstand des Oculares vom Objecttische beträgt bei 6mahliger Vergrösserung 9″ 5‴, bei 36facher Vergrösserung 10″, bei 68facher 13″.

Ob diese Dissectionsmikroskope, auch grössere Vollendung derselben vorausgesetzt, den Gebrauch des einfachen Mikroskopes zum Behufe schwieriger Zergliederungen verdrängen, oder auch nur ersetzen werden, muss die Zeit lehren. Der Vorzug des grösseren Raumes für die Anwendung der Zergliederungsinstrumente und der grösseren Bequemlichkeit in der Veränderung der Vergrösserung muss ihnen entschieden zuerkannt werden, dagegen finde ich es nicht bequem, dass man bei ihrem Gebrauche sehr aufrecht sitzen muss und dass die Hände weit vom Auge entfernt sind. Die bequemste Haltung des Körpers beim Präpariren ist Gewohnheitssache, ein anderer mag die aufrechte Stellung nicht unbequem finden, oder sich leicht an dieselbe gewöhnen; bei mir ist dieses, wie ich gestehen muss, nicht der Fall, indem ich gewohnt bin bei schwierigen mechanischen Arbeiten die Hand nahe am Auge zu haben und mich zum Objecte herab zu bücken und daher, wenn ich unter dem einfachen Mikroskope präparire, in einer gewohnten Stellung bin, mich dagegen, wenn ich unter dem zusammengesetzten Mikroskope präpariren soll, genirt fühle. Das mag aber bei Andern sich anders verhalten, auch mag durch einen besonders eingerichteten Tisch, in dessen Platte man das Mikroskop so weit versenken kann, dass der Objecttisch in die Fläche des Tisches zu liegen kommt, wodurch das ganze Mikroskop um etwa 3″ niedriger wird, an Bequemlichkeit noch viel zu gewinnen sein.

Ein weiterer Umstand, welcher es zweifelhaft erscheinen lässt, ob je das pankratische Mikroskop einen vollständigen Er-

satz für das einfache Mikroskop liefern wird, liegt in den grossen Veränderungen, welche in den Aberrationen des Instrumentes in Folge des bedeutenden Wechsels der Entfernung zwischen dem Oculare und Objective hervorgerufen werden, indem wie oben näher auseinander gesetzt ist, eine grosse Entfernung Uebercorrection, eine kleine dagegen Untercorrection bewirkt. Wenn gleich bei dem verhältnissmässig schwachen Objective der pankratischen Mikroskope und bei den schwachen Vergrösserungen, welche man von diesen Instrumenten verlangt, dieses Verhältniss weniger störend ist, so ist es doch, wie man sich leicht durch Beobachtung von Quecksilberkügelchen überzeugen kann, vorhanden und muss die Schärfe des Bildes beeinträchtigen. Unter diesen Verhältnissen erscheint es mir zweifelhaft, ob es je möglich sein wird, bei diesen Mikroskopen eine sehr grosse Schärfe des Bildes zu erreichen, indem wenn bei einer mittleren Entfernung des Oculares und Objectives die möglichst vollständige Correction stattfindet, sowohl Steigerung als Verminderung der Vergrösserung durch Ausziehen oder Zusammenschieben der Röhren die Correction wieder vernichtet.

Das Sonnenmikroskop, das Gasmikroskop und das photo-electrische Mikroskop.

Die drei in der Aufschrift genannten Instrumente haben in ihrem optischen Theile gleiche Construction und weichen nur in dem zu ihrer Beleuchtung verwendeten Lichte von einander ab. Sie stehen in Hinsicht auf ihre optische Beschaffenheit in der Mitte zwischen dem einfachen und dem zusammengesetzten Mikroskope, insoferne dieselben wie das einfache Mikroskop blos aus einer einfachen Linse oder einem aus mehreren Linsen zusammengesetzten Objectivsysteme bestehen, diese aber nicht wie beim einfachen Mikroskope zur unmittelbaren Betrachtung des Objectes, sondern zur Entwerfung eines Bildes verwendet werden, welches Bild aber nicht wie beim zusammengesetzten Mikroskope durch ein Ocular angesehen, sondern auf einem weissen Schirme aufgefangen und von seiner vordern Seite aus mit dem blosen Auge betrachtet wird. Um dem Bilde eine beträchtliche Grösse zu ertheilen, wird dasselbe in sehr bedeutender Entfernung (etwa in 10—20 Fuss) hinter der vergrössernden Linse aufgefangen und es wird, um dem Bilde noch hinreichende Helligkeit zu ertheilen, das Object durch ein höchst concentrirtes Licht beleuchtet. Es verhalten sich diese Mikroskope zum zusammengesetzten Mikroskope, wie die Camera obscura zum Fernrohre.

Die Einrichtung des optischen Theiles dieser Mikroskope ist eine höchst einfache, dagegen ist ihr Beleuchtungsapparat complicirt und voluminos und der Gebrauch des Instrumentes mit vielen Umständen verknüpft.

Der Gebrauch des Sonnenmikroskopes setzt ein Zimmer voraus, welches eine gewisse Zeit des Tages über dem directen Sonnenscheine ausgesetzt ist, also am besten eine südliche Lage hat. Die Fenster desselben müssen mit dicht schliessenden Läden versehen werden, so dass jedes nicht durch das Mikroskop eindringende Licht ausgeschlossen wird. In einen dieser Läden wird das Mikroskop eingesetzt und das zur Beleuchtung des Objectes dienende Sonnenlicht durch einen vor dem Laden befindlichen Spiegel (Tab. VI. fig. 1. h.) aufgefangen. Dieser Beleuchtungsspiegel muss eine bedeutende Grösse (etwa 4 bis 5″ Breite und 1′ Länge) besitzen, um auch bei tief stehender Sonne eine grosse Lichtmasse auffangen und ins Mikroskop reflectiren zu können. Um dieses bei jedem Stande der Sonne thun zu können, besitzt der Spiegel eine doppelte Bewegung. Er ist nämlich mit seinem untern Ende auf einem mit der Mikroskopröhre concentrischen, durch einen Trieb (l) um die Achse des Mikroskopes drehbaren Kreise befestigt und zugleich durch eine Schraube ohne Ende k, welche in ein an seiner Basis befindliches gezahntes Rad i eingreift, in beliebigem Winkel gegen die Mikroskopachse zu neigen. Das vom Spiegel reflectirte Sonnenlicht wird durch eine grosse (3 bis 5″ breite) Sammellinse g g zu einem Focus concentrirt; um ein noch intensiveres Licht zu erhalten, kann man vor den Focus dieser Linse noch eine kleinere Sammellinse d stellen und so das Licht zu einem kleineren Sonnenbilde concentriren. Diese zweite Linse ist in eine zum Verschieben eingerichtete Röhre c gefasst, um den Lichtgrad modificiren zu können. Im Focus dieser zweiten Linse findet sich ein mit Federn versehener Objectträger f, welcher eine senkrechte Stellung hat, zur Aufnahme der zwischen Glasplatten eingeschlossenen Objecte. Hinter diesem Objecttische befindet sich der Vergrösserungsapparat, welcher aus einer durch ein Triebwerk *) einzu-

*) In der Zeichnung ist sowohl dieser Trieb, als der zur Bewegung der Röhre c dienende weggelassen.

stellenden Linse e besteht. Für zweckmässiger erklärt es *Goring*, nicht die vergrössernde Linse gegen den Objectträger, sondern umgekehrt diesen gegen die Linse beweglich zu machen, indem diese Einrichtung für die Beleuchtung bequemer sei, da man das helliste Licht erhalte, wenn der Focus des Beleuchtungsapparates auf die Oeffnung der Linse falle und bei dieser Einrichtung durch das Einstellen des Mikroskopes die Beleuchtung nicht geändert werde.

Als Vergrösserungslinse benützt man in den neueren Zeiten immer achromatische Linsen oder Linsensysteme. Man kann zu denselben die Objective eines achromatischen Mikroskopes benützen, doch scheint es, da das Bild in grosser Entfernung hinter der Linse aufgefangen wird, zweckmässiger zu sein, Objective zu nehmen, welche in sphärischer Beziehung untercorrigirt sind, wobei ich jedoch gestehen muss, dass ich bei Anwendung der zum *Plössl*'schen Gasmikroskop gehörigen (etwas übercorrigirten) Objective und gewöhnlicher *Plössl*'scher Objective keinen auffallenden Unterschied in der Schärfe des Bildes wahrnahm. Es ist vielleicht der Vorsicht gemäss, die Gläser dieser achromatischen Linsen nicht zusammenzukitten, um der Gefahr, dass der Kitt durch die Hitze, welcher die Objective ausgesetzt sind, geschmolzen werde, zu entgehen. Uebrigens muss ich bemerken, dass ich ohne Schaden mit Canadabalsam zusammengekittete Linsen angewendet habe und dass mir auch *Plössl* schrieb, er hätte nicht gefunden, dass das Zusammenkitten Schaden verursacht habe. *Chevalier* brachte hinter der Vergrösserungslinse noch ein achromatisches Concavglas an, um die Vergrösserung zu steigern.

Die angegebene Einrichtung hat den Nachtheil, dass bei der senkrechten Stellung des Objecttisches die Anbringung von Objecten, die in Wasser liegen, vielfach erschwert ist. Es liesse sich diesem Uebelstande leicht abhelfen, wenn man das Licht der Beleuchtungslinse durch einen diagonal gestellten Spiegel senkrecht nach oben zu einem horizontalen Objecttische leiten, und

über der Vergrösserungslinse ein rechtwinkliges Prisma anbringen würde, durch welches die Lichtstrahlen wieder eine horizontale Richtung erhielten.

Das Sonnenmikroskop kann auch zur Betrachtung opaker Gegenstände verwendet werden. Zu diesem Behufe wird das Licht, ehe es von der Sammellinse zu einem Focus vereinigt ist, durch einen diagonal stehenden Spiegel auf das seitwärts von der Achse des Beleuchtungsapparates liegende Object geleitet, oder es wird nach der Einrichtung von *Pritchard* (Micrograph. 190) das Licht mit einem *Lieberkühn*'schen Spiegel aufgefangen, dessen concave Fläche gegen die Beleuchtungslinse gewendet ist und hinter dessen Oeffnung die Vergrösserungslinse steht.

Das Bild kann auf der dem Mikroskope gegenüberliegenden (weissen) Wand des Zimmers aufgefangen werden; passender ist es dagegen hiezu einen grossen, transportabeln Schirm zu verwenden, welchen man je nach dem Intensitätsgrade der Beleuchtung dem Mikroskope unter Verkleinerung des Bildes nähern, oder unter Vergrösserung desselben entfernen kann. Dieser Schirm kann von Papier oder weissem Baumwollenzeuge sein. Auch kann man einen durchscheinenden Schirm von mattem Glase u. s. w. wählen, um das Bild von der hintern Seite her zeichnen zu können; am besten würde man hiezu eine mit Pflanzenpapier überzogene Spiegelplatte benützen.

Das Sonnenmikroskop hat zum Behufe der Demonstration mikroskopischer Objecte einen grossen Vorzug vor dem gewöhnlichen Mikroskope. Nicht nur können so viele Personen, als der Raum überhaupt zu fassen vermag, gleichzeitig das mikroskopische Bild sehen, wodurch viele Zeit gewonnen wird, sondern es ist auch möglich, an dem Bilde selbst das einzelne Detail zu demonstriren, während der Anfänger, welcher das mikroskopische Sehen noch nicht erlernt hat, wenn ihm unter dem gewöhnlichen Mikroskope ein Präparat gezeigt wird, der Himmel weiss

wie oft sich nicht zurecht finden und vor lauter Bäumen den Wald nicht sehen wird.

Hierauf beschränkt sich aber auch der ganze Nutzen des Instrumentes, denn wer glauben würde, es verdiene das Sonnenmikroskop wegen der colossalen Vergrösserungen, die es gewährt, bei wissenschaftlichen Untersuchungen einen Vorzug vor dem gewöhnlichen Mikroskope, der würde sich gewaltig täuschen, indem an der Schärfe des Bildes weit mehr verloren geht, als durch die Grösse gewonnen wird. Selbst wenn man die besten Objective als Vergrösserungslinsen benützt, so ist der Erfolg doch nur ein mittelmässiger und wenn man auch von halb schwierigen Probeobjecten noch ein erträgliches Bild erhält, so ist doch die Grenze der Leistungen weit früher, als beim gewöhnlichen Mikroskope erreicht; ich konnte z. B. auf den Schuppen von *Hipparchia Janira* nur Andeutungen der Querstreifen, aber kein deutliches Bild derselben erhalten und noch weniger konnte ich an den langen, dunkeln Schuppen von der oberen Fläche der Flügel von *Lycaena Argus* die Querstreifen sehen. Die Anwendung einer achromatischen Concavlinse nach dem Vorgange von *Chevalier* brachte in dem Bilde keine Verbesserung hervor. Ueberdies ist die Anwendbarkeit des Sonnenmikroskopes noch durch die starke Hitze, welcher im Focus der Beleuchtungslinse die Objecte ausgesetzt sind, beschränkt, indem derbere Objecte zerstört werden können. Es passt daher das Instrument mehr zur Betrachtung durchsichtiger zarter Objecte, welche keinen Schaden von dieser Concentration des Lichtes leiden, als für opake Objecte.

Da die Benützung des Sonnenmikroskopes durch die Nothwendigkeit eines hellen Sonnenscheines in unsern nördlichen Gegenden äusserst beschränkt wird, so gab dieses Veranlassung dazu, künstliches Licht zur Beleuchtung zu verwenden. Die Anwendung von Lampenlicht konnte wegen Mangels an Intensität bei stärkeren Vergrösserungen kein gutes Resultat liefern und ist längst aufgegeben, dagegen glaubte man in den neueren Zeiten

im *Drummond*'schen Lichte einen vollständigen Ersatz für das Sonnenlicht gefunden zu haben. Da man dieses Licht dadurch erhält, dass man einen Strom von brennendem Knallgas auf einen Cylinder gebrannten Kalkes leitet, so nannte man das Mikroskop, zu dessen Beleuchtung solches Licht verwendet wird, Hydrooxygengasmikroskop, oder kurzweg Gasmikroskop.

Die Einrichtung des optischen Theiles ist vollkommen dieselbe, wie beim Sonnenmikroskope, nur fällt der vor der Beleuchtungslinse stehende Spiegel weg. Das Mikroskop ist an einem Kästchen, gleichsam an einer grossen Laterne, angeschraubt, in dessen Innerem der Beleuchtungslinse gegenüber der Brenner des Gasapparates und der Kalkcylinder sich befinden. Der letztere ist auf das obere Ende einer senkrechten Schraube aufgesteckt, welcher durch die Hand oder besser durch ein Uhrwerk eine langsame Drehung nach aufwärts ertheilt wird, so dass beständig ein noch nicht benützter Theil des Kalkcylinders der Einwirkung des brennenden Gasstromes ausgesetzt wird. Das Sauerstoffgas und das Wasserstoffgas wird abgesondert in zwei Gasometern oder in Säcken von luftdichtem Zeuge aufgefangen und der Sicherheit wegen erst in der Röhre des Brenners gemengt. Am besten wendet man hiezu die *Daniell*'sche Vorrichtung an, bei welcher das Wasserstoffgas durch eine weite Röhre, die vornen durch eine ebene, mit etwa 6 in einem Kreise stehenden Oeffnungen versehene Metallplatte abgeschlossen ist, in die kurze und enge Röhre des Brenners geführt wird. Durch die Achse dieser für das Wasserstoffgas dienenden Zuleitungsröhre lauft die weit dünnere Zuleitungsröhre des Sauerstoffgases, welche sich im Centrum zwischen den das Wasserstoffgas ausströmenden Oeffnungen in die Höhlung des Brenners mündet. Man lässt zuerst in den Brenner nur Wasserstoffgas ausströmen und zündet dieses an, dann lässt man erst Sauerstoffgas zutreten, wobei wenige Versuche die Stellung des Hahnens an der Zuleitungsröhre des Sauerstoffgases finden lassen, bei welcher der Kalkcylinder in

das heftigste Glühen kommt. Ungeachtet die Intensität des auf diese Weise erzeugten Lichtes ausserordentlich gross ist, so sind doch die Leistungen des mit demselben beleuchteten Mikroskopes, selbst wenn die besten Objective z. B. *Plössl*'sche verwendet werden, über alle Erwartung gering, so dass ich dieses Instrument, wenigstens so, wie es gegenwärtig existirt, leider für völlig unbrauchbar zu wissenschaftlichen Demonstrationen erklären muss. Für Charlatane, welche dem grossen Publicum ein Schattenspiel zeigen und dieses dabei gehörig belügen, ist es gut genug, allein für die einfachste Demonstration z. B. phytotomischer Gegenstände völlig unzureichend. Dieses Urtheil mag übertrieben erscheinen, ich will aber zur Unterstützung desselben nur anführen, dass ich mit einem Instrumente dieser Art, dessen Ausführung durch *Plössl* vortrefflich ist, ebensowohl beim Gebrauche der dazu gehörigen Objective, als beim Anschrauben der Objective meines gewöhnlichen *Plössl*'schen Mikroskopes die Höfe um die Tüpfel des Tannenholzes und die Spiralfasern in den Rindenzellen tropischer Orchideen kaum so weit deutlich machen konnte, dass Jemand, welcher diese Objecte schon im gewöhnlichen Mikroskope gesehen hat, sie in diesem Bilde wieder aufzufinden im Stande gewesen wäre, dass es aber bei dem völligen Mangel an Präcision dieses Bildes eine reine Unmöglichkeit gewesen wäre, durch dasselbe eine klare Vorstellung vom Baue dieser Theile zu erhalten.

Ich will den Grund der geringen Leistung des Gasmikroskopes in Vergleichung mit dem Sonnenmikroskope dahin gestellt sein lassen, wahrscheinlicherweise ist es aber nicht sowohl in der Art des hiebei verwendeten Lichtes, als in der geringen Intensität, welche dasselbe in Vergleichung mit dem Sonnenlichte besitzt, zu suchen. Wenn die Methode von *Fizeau* geeignet ist, bei der Messung dieses Verhältnisses ein genaues Resultat zu liefern, so ist die Intensität des *Drummond*'schen Lichtes $\frac{1}{146}$ von der des Sonnenlichtes. Ein um sehr viel intensiveres Licht erhält man, wenn man die Electricität einer starken galvanischen Batterie

zwischen Kohlenspitzen überströmen lässt; nach den Versuchen von *Fizeau* übertrifft das auf diese Weise durch eine *Bunsen*'sche Batterie von 80 Elementen erhaltene Licht ungefähr 30mahl das *Drummond*'sche Licht an Intensität. (Ueber die Intensität des galvanischen Lichtes in Vergleich mit dem Sonnenlichte, aus dem Bulletin de la société d'encouragement. 1845, übersetzt in *Dingler's* polytechnischem Journal T. C. p. 115). Dieses galvanische Licht wurde von *Donné* und *Leon Faucault* zur Beleuchtung eines im Wesentlichen mit dem Sonnenmikroskope übereinstimmenden Apparates gebraucht, welchem sie den Namen des photo-electrischen Mikroskopes beilegten. (Bulletin de la société d'encouragement. 1845. *Dingler's* polytech. Journal. T. C. p. 101). Es scheint mir überflüssig zu sein, die mechanische Einrichtung dieses Instrumentes im Detail zu beschreiben (ich verweise desshalb auf die eben genannte Originalabhandlung); dagegen mögen folgende Erläuterungen des angewendeten Verfahrens nicht am unrechten Platze sein.

Zur Entwicklung des Lichtes zeigten sich aus gewöhnlicher Kohle verfertigte Spitzen gänzlich unbrauchbar, weil die Farbe und Intensität des Lichtes beständig wechselten; dagegen konnte die compacte und sehr harte Kohle benützt werden, welche sich in den Destillationsapparaten der Steinkohle bei der Gewinnung von Leuchtgas absetzte. Diese Kohle lässt man vom Steinschneider in viereckige Stäbchen von 10 Centimeter Länge und 3 Millimeter Breite schneiden. Diese Kohlenstäbchen, welche die Electricität sehr gut leiten, verbrennen unter dem Einflusse einer starken Batterie in freier Luft langsam mit einem weissen, beständigen und sehr intensiven Lichte. Wenn das Licht zur Beleuchtung des Mikroskopes hell genug sein soll, so muss die Electricität von wenigstens 60 *Bunsen*'schen Elementen durch diese Stäbchen geleitet werden. Dieselben werden innerhalb des Kastens, an welchem das Mikroskop befestigt ist, mittelst eines ziemlich complicirten Mechanismus einander gegenüber gehalten,

durch welchen nicht nur eine im Verhältniss ihrer Abnützung stehende Annäherung mittelst eines Triebes bewirkt wird, sondern auch mittelst Drehung der Stäbchen um ihre Horizontal- und Verticalachse dieselben sogleich von einander entfernt, ihr Licht ausgelöscht und bei neuer Annäherung wieder entzündet werden kann. Der Versuch, dieses Licht vermöge der Sammellinsen eines Gasmikroskopes auf das Object zu concentriren, gab ein schlechtes Resultat; dieser Zweck wurde durch einen belegten Hohlspiegel von 8 Centim. Focus und 10 Centim. Breite, welcher 15 Centim. von den Kohlenspitzen entfernt in einem Abstande von etwa 20 Centim. ein vergrösserles Bild derselben entwarf, besser erreicht. Die Wärme, welche bei der Verbrennung dieser Kohlenspitzen entwickelt wird, ist so beträchtlich, dass in dem Focus des Spiegels organische Substanzen beinahe augenblicklich verbrannt wurden. Es musste daher ein Mittel gefunden werden, die Wärmestrahlen, welche dem Lichte beigemengt sind, zu absorbiren. Es gelang dieses durch Anbringung eines mit parallelen, von Spiegelglas gefertigten Seiten versehenen Gefässes, welches mit einer gesättigten Auflösung von Alaun gefüllt und vor den Hohlspiegel gestellt wurde, so dass das Licht diese Auflösung zweimahl durchdringen musste. Die Intensität dieses Lichtes war im Anfange der Versuche am stärksten und nahm mit der Wirksamkeit der Batterie ab; es wurde daher nothwendig, die Stärke des galvanischen Stromes zu reguliren. Dieses geschah dadurch, dass der eine Leitungsdraht an einer Stelle unterbrochen und die beiden Enden des Drahtes mit dreieckigen Stücken von Platinblech in Verbindung gesetzt wurden, welche letztere mehr oder weniger tief in schwach gesäuertes Wasser eingetaucht wurden und dadurch eine mehr oder weniger vollständige Leitung herstellten. Die Intensität des Lichtes ist so gross, dass, wer längere Zeit dasselbe betrachtet, in der nächsten Nacht von einer heftigen und sehr schmerzhaften Augenentzündung befallen wird; es wurde desshalb nöthig, in den Kasten, in welchem das Licht entwickelt

wird, sehr dunkel gefärbte Gläser einzusetzen, um durch diese das Licht betrachten und reguliren zu können. Als Mikroskop wurde der optische Apparat eines mit achromatischen Linsen und einer *Chevalier*'schen achromatischen Concavlinse versehenen Sonnenmikroskopes verwendet und der Schirm in drei Meter Entfernung vom Mikroskope aufgestellt. Ueber die Leistungen des Mikroskopes lässt sich nicht urtheilen, da *Donné* keine an bestimmten Probeobjecten angestellte Beobachtungen anführt.

Nach demselben Principe, welches dem Sonnenmikroskope zum Grunde liegt, construirte *Harting* (bullet. de scienc. phys. en Néerlande. 1839. 353.) ein tragbares Instrument. Dasselbe besteht im Wesentlichen aus einem einfachen Mikroskope, dessen Stativ die *Wollaston*'sche Einrichtung hat und dessen Vergrösserungsgläser aus kleinen Glaskügelchen bestehen. Wenn das Instrument als Sonnenmikroskop benützt werden soll, so wird das Bild der Sonne durch den Beleuchtungsspiegel und die planconvexe Linse des Stativs auf das Object geworfen und über die vergrössernde Linse ein auf besonderem Arme befestigter, umgekehrter, innen geschwärzter Conus von Blech gestellt, welcher etwa 5″ Höhe und an seiner nach oben gewendeten Oeffnung ebensoviel Breite hat. Die obere Oeffnung desselben ist mit einer mattgeschliffenen Glasplatte zum Auffangen des Bildes bedeckt. Um das Tageslicht von dem Bilde abzuhalten, wird ein an seiner Spitze mit einer Oeffnung versehener conischer Deckel aufgesetzt oder, wenn mikrometrische Messungen u. dergl. vorgenommen werden sollen, über den Kopf des Beobachters und den obern Theil des Instrumentes ein Tuch gehängt. *Harting* benützte diesen Apparat vorzugsweise zu mikrometrischen Messungen und gibt an, mittelst desselben wenigstens auf $\frac{1}{5000}$ Millim. genau messen zu können.

Einige Vorschläge zur Verbesserung des Sonnenmikroskopes, welche jedoch bis jetzt zu keinem praktisch wichtigen Resultate geführt haben, sind folgende:

Brewster (treat. on the microsc. 110.) schlug vor, anstatt einer achromatischen Vergrösserungslinse eine Linse von solcher Form zu gebrauchen, dass dieselbe, wenn ihre vordere Fläche in eine Flüssigkeit tauche, durch diese achromatisirt werde. Zu diesem Behufe schlägt er vor, die Linse in das eine Ende einer horizontalen Röhre einzukitten, deren anderes Ende durch ein Planglas verschlossen sei, und welche auf der nach oben gewendeten Seite eine Oeffnung besitze. In diese Röhre sollte eine Flüssigkeit gegossen und durch die bemerkte Oeffnung das Object eingeführt und in den Focus der Linse gestellt werden. Die Objecte würden je nach den Umständen in die Flüssigkeit direct eingetaucht oder in Glasfläschchen, welche eine andere Flüssigkeit enthalten, eingeschlossen und mit diesen in die Flüssigkeit der Röhre eingetaucht. Die Linse, glaubt *Brewster*, könne mit Vortheil von Flussspath verfertigt werden, indem dieser wegen seiner geringen Zerstreuungskraft mit Wasser eine achromatische Combination geben könne. Der ganze Vorschlag ist, wie man sieht, völlig unpraktisch.

Der Gedanke, beim Sonnenmikroskope anstatt achromatischer Vergrösserungsgläser concave Spiegel anzuwenden, lag nahe, allein die praktische Ausführung unterliegt grossen Schwierigkeiten. Dr. *Goring* (microgr. 95.) verwendete hiezu ein *Amici*'sches Mikroskop (nicht blos den Spiegel, sondern das ganze Instrument), jedoch mit sehr geringem Erfolge, indem diese Vorrichtung nur die leichtesten gestreiften Probeobjecte zeigte. Den Grund dieser geringen Leistung sucht *Goring* in der schwachen Vergrösserungskraft des Spiegels und in der durch die mechanische Einrichtung des Instrumentes begründeten Unmöglichkeit, volles Licht zu geben. *Goring* führt jedoch an, dass einer seiner Freunde die Spiegel ohne die Röhre und das Ocular verwendet hätte und mit dem Resultate sehr zufrieden gewesen sei. Ebenso ist *Brewster* (treat. on the micr. 112.) der Ansicht, dass sich auf diesem Wege ein sehr günstiges Resultat erhalten lasse. Er

macht zu diesem Behufe zwei Vorschläge für die Einrichtung des Instrumentes. Nach dem einen würde das Object (Tab. VI. fig. 2. o. o.) zwischen den Beleuchtungsapparat und den mit seiner concaven Fläche von dem Objecte abgewendeten, in der Mitte durchbrochenen Concavspiegel a. a. gestellt; der Oeffnung des Spiegels und der concaven Seite desselben gegenüber würde ein kleiner Planspiegel c angebracht. Bei durchsichtigen Objecten würde das Licht durch das Object und die Oeffnung des Spiegels auf den Planspiegel fallen und von diesem auf den Concavspiegel reflectirt werden, welcher nun das vergrösserte Bild o′ o′ neben dem kleinen Planspiegel vorüber rückwärts werfen würde; bei undurchsichtigen Objecten würde die Beleuchtung durch einen auf der Rückseite des Concavspiegels angebrachten *Lieberkühn*'schen Spiegel b. b. bewirkt, wobei der fernere Weg des Lichtes wie im vorigen Falle wäre. Nach dem zweiten Vorschlage würde das Object o. o. der concaven (vom Beleuchtungsapparat abgewendeten) Seite des Spiegels (Tab. VI. fig. 3. d. d.) gegenübergestellt, und das Licht durch eine im Centrum des durchbohrten Spiegels angebrachte Sammellinse c auf dasselbe concentrirt; wenn dasselbe durchsichtig wäre, würde dagegen das Licht einer seitwärts angebrachten Sammellinse mittelst eines diagonal gestellten Planspiegelchens durch das Object zum Concavspiegel geleitet. Bei dieser zweiten Einrichtung würde das vom Objecte ausgehende Licht nur einer einfachen Reflexion auf dem Concavspiegel und nicht wie bei der ersten Einrichtung und beim *Amici*'schen Mikroskope einer doppelten unterworfen. Beide Vorschläge scheinen von *Brewster* niemahls praktisch ausgeführt worden zu sein.

Um dem Mangel an Schärfe, an welchem das Bild des gewöhnlichen Sonnenmikroskopes leidet, abzuhelfen, wendete Dr. *Goring* anstatt der achromatischen Objective ein zusammengesetztes Mikroskop als vergrössernden Apparat des Sonnenmikroskopes an. Von diesem Instrumente, welche er Solar Engiscope nannte, rühmt sein Erfinder (micrograph. 82.), dass es

mit wenigen Ausnahmen alle Objecte, welche sein vergrössernder Apparat erkennen lasse, wenn er als gewöhnliches Mikroskop verwendet werde, auch bei der Beleuchtung mittelst des Sonnenlichtes zeige. Da diesem zufolge dieses Mikroskop die Leistungen des gewöhnlichen Mikroskopes nicht völlig erreicht, so bleibt ihm, wie dem gewöhnlichen Sonnenmikroskope nur der Vorzug, dass mehrere Personen zugleich das Bild betrachten können. Der Beleuchtungsapparat ist im Wesentlichen wie beim gewöhnlichen Sonnenmikroskope eingerichtet; Dr. *Goring* brachte zwar das Mikroskop nicht am Laden eines dunkeln Zimmers, sondern an einem im gewöhnlichen Zimmer stehenden Schirme an, allein dieses ist ohne Bedeutung. Als Beleuchtungslinse räth *Goring* ein achromatisches Glas von 5″ Oeffnung und 1′ Focus an; wer eine bedeutende Ausgabe auch für einen untergeordneten Zweck nicht zu scheuen hat, mag diesen Rath befolgen, allein den Meisten werden die sehr beträchtlichen Kosten, welche eine solche Linse verursachen würde, ausser allem Verhältnisse mit dem zu erreichenden Zwecke zu stehen scheinen. Den Focus des Beleuchtungsapparates räth *Goring*, um das Maximum der Beleuchtung zu erhalten, auf das Objectiv des Mikroskopes zu richten; wünsche man eine schwächere Beleuchtung, so müsse das Objectiv einwärts vom Focus des Beleuchtungsapparates gestellt werden. Als vergrössernder Apparat wird, wie schon bemerkt, ein zusammengesetztes Mikroskop verwendet, welches eine horizontale Lage hat und dessen Ocularende in eine Camera obscura eingesteckt wird. In dieser ist ein rechtwinkliges Prisma *) oder ein Metallspiegel angebracht, um das Bild unter einem rechten Winkel auf den Boden der Camera obscura abwärts zu werfen, welcher letztere, um nicht blos in der Mitte, sondern

*) Dr. *Goring* gibt den Rath, die Hypothenuse dieses Prismas wie einen Spiegel zu belegen. Dieses ist zum mindesten ganz unnöthig, indem an der Hypothenuse eines rechtwinkligen Prismas eine vollständige Reflexion stattfindet.

auch an den Seiten des Gesichtsfeldes scharfe Umrisse zu erhalten, concav gekrümmt und mit Papier oder Gips überzogen ist. Oben ist die Camera obscura mit 2 bis 3 Oeffnungen versehen, um ebensoviele Personen zugleich in dieselbe sehen zu lassen; ihre Seitenwandungen sind zum Herausnehmen eingerichtet, um ein Nachzeichnen des Bildes möglich zu machen.

Die Camera obscura ist, wie man sieht, kein nothwendiger Bestandtheil dieses Mikroskopes, sondern wurde offenbar von *Goring* nur gewählt, um das finstere Zimmer zu ersetzen.

Will man opake Gegenstände mit diesem Instrumente beobachten, so wird das Licht des Beleuchtungsapparates, ehe es ins Mikroskop fällt, durch einen Planspiegel seitwärts auf das Object geworfen. Die Leistungen des Instrumentes werden jedoch in dieser Beziehung von Dr. *Goring* nicht hoch angeschlagen, namentlich wegen der Unmöglichkeit, diese Objecte in den Focus des Beleuchtungsapparates zu bringen, ohne sie zu verbrennen; ein Uebelstand, welcher bei durchsichtigen, feinen Objecten niemahls eintritt.

Die Leistungen des von *Goring* construirten Instrumentes scheinen nach seinen Angaben nicht unbeträchtlich gewesen zu sein, denn er führt an, dass es mit starken Objectiven von $^1/_{10}$ bis $^1/_{18}$ Zoll Focus und 55° Oeffnung alle Zeichnungen von den Schuppen einer *Podura* deutlich zeige und ebenso, was weit mehr sagen will, die Längen- und Querstreifen der Schuppen von *Pieris brassicae* sehen lasse. Das Bild sei jedenfalls in Folge seines Achromatismus besser, wenn gleich lichtschwächer, als ein gleich grosses, durch Anwendung von einfachen achromatischen Linsen, von Dublets und Triplets erhaltenes. Einigen Versuchen zufolge, welche ich mit einem analog construirten Instrumente anstellte, kann ich nicht umhin, dieser Einrichtung einen Vorzug vor dem gewöhnlichen Sonnenmikroskope zuzuschreiben. Wendet man dieselben Objective für sich allein beim gewöhnlichen Sonnenmikroskope an, so erhält man durch dieselben eine weit

schwächere Vergrösserung, als wenn man hinter denselben eine mit einem Oculare versehene Mikroskopröhre anbringt. Da hiebei das Licht sehr geschwächt wird, so muss man das Bild in der Entfernung weniger Fusse von dem Oculare auffangen, erhält aber auch alsdann ein hell beleuchtetes Bild von einer sehr befriedigenden Reinheit und Farblosigkeit, welches sich zu Demonstrationen sehr gut eignet, wenn es auch zum Behufe wissenschaftlicher Untersuchungen nicht mit dem Bilde des gewöhnlichen Mikroskopes in die Schranken treten kann.

Das katadioptrische Mikroskop.

Der Gedanke, bei der Verfertigung zusammengesetzter Mikroskope concave Spiegel, anstatt convexer Glaslinsen als Objectiv zu verwenden, war ein vielfach lockender. So lange die *Newton*'sche Ansicht, dass mit jeder Brechung des Lichtes in durchsichtigen Medien nothwendigerweise auch eine Farbenzerstreuung verbunden sei, für richtig galt, musste man die Herstellung achromatischer dioptrischer Mikroskope für eine Unmöglichkeit erklären; es war daher sehr natürlich, dass der schon von *Newton* entworfene, aber wie es scheint, nicht ausgeführte (*Brewster*, treat. on the microsc. 79.) Plan, Spiegelmikroskope zu verfertigen, im vorigen Jahrhunderte mehrere Versuche zur Ausführung solcher Instrumente veranlasste. Später, als durch *Dollond* die Möglichkeit, achromatische dioptrische Fernröhren zu verfertigen, bewiesen war, konnte zwar der Versuch, auf analoge Weise achromatische Mikroskope zu verfertigen, nicht unterbleiben, allein die Ausführung derselben liess noch im zweiten Jahrzehend unsers Jahrhunderts, ungeachtet *Fraunhofer* und *Amici* sich der Verfertigung achromatischer Mikroskopobjective gewidmet hatten, dennoch auch sehr bescheidene Wünsche so unbefriedigt, dass *Amici* den begonnenen Weg, das dioptrische Mikroskop zu verbessern, wieder verliess und sich der Vervollkommnung des Spiegelmikroskopes widmete. Obgleich diesem begabten Manne sein Plan in hohem Grade gelang und durch sein

katadioptrisches Mikroskop das dioptrische auf eine Zeit lang in Schatten gestellt wurde, so änderte sich doch das Verhältniss wieder, als das durch *Selligue* zuerst eingeschlagene Verfahren der Zusammensetzung der Mikroskopobjective aus mehreren Linsen für das dioptrische Mikroskop eine neue Bahn des Fortschrittes eröffnete, auf welcher wiederum *Amici* die höchste Stufe erreichte.

Wenn gleich auf diese Weise, wenigstens für jetzt, das dioptrische Mikroskop dem Spiegelmikroskope den Vorrang abgelaufen hat, so könnten sich doch bei den Schwankungen, die sich hier, wie bei allen menschlichen Unternehmungen zeigen, vielleicht wieder in kurzer Zeit entgegengesetzte Ansichten Bahn brechen, und so mag es nicht überflüssig sein, wenn hier, obgleich nur mit wenigen Worten, auch vom Reflexionsmikroskope Erwähnung geschieht. Es ist hiebei überflüssig, auf die vor *Amici* gemachten Versuche zurückzugehen.

Amici (annal. de chimie et de physique. XVII. 1817. 412.) brachte an dem einen Ende der horizontal gestellten, einen Fuss langen Mikroskopröhre einen mit seiner polirten Seite gegen das Innere der Mikroskopröhre gewendeten, metallenen Concavspiegel (Tab. V. fig. 9. b.) von genau elliptischer Krümmung an, welcher 1″ Durchmesser und $2^6/_{10}$″ Brennweite hatte. Vor demselben steht ein Planspiegel d, welcher $^1/_2$ Zoll Durchmesser hat und in diagonaler Richtung gegen den elliptischen Spiegel und gegen die untere, an dieser Stelle (bei c) durchbrochene Seite der Mikroskopröhre geneigt ist, und dessen Mittelpunkt von dem elliptischen Spiegel um $1^1/_2$″ absteht. Das Object liegt unterhalb dieser seitlichen Oeffnung der Mikroskopröhre $1^1/_2$ Zoll von der Oeffnung entfernt, in dem Brennpunkte des elliptischen Spiegels auf einem gewöhnlichen Objecttische e. Die von demselben auf den Planspiegel fallenden Lichtstrahlen werden von diesem auf den elliptischen Spiegel geworfen und von dem letzteren neben dem Planspiegel vorüber in die Röhre des Mikroskopes reflectirt

und im zweiten Focus des Spiegels zu einem Bilde vereinigt, welches durch ein Ocular i betrachtet wird. Die verschiedenen Vergrösserungen werden ohne den Spiegel zu wechseln durch Anwendung verschieden starker Oculare erhalten; die stärkste derselben beträgt 1000 Durchmesser. Die Beleuchtung durchsichtiger Objecte wird durch einen Concavspiegel g, die der opaken Objecte durch das blose Tageslicht oder durch Lampenlicht, je nach den Umständen mit Hülfe des *Lieberkühn*'schen Spiegels und einer am Objecttische angebrachten Beleuchtungslinse f bewirkt *).

Das Bild dieses Mikroskopes war bei der genauen elliptischen Form des Spiegels frei von sphärischer Aberration, von der chromatischen war es ohnediess befreit, indem es nicht durch Brechung, sondern durch Reflexion gebildet war; auch wurde einstimmig diesem Mikroskope in Hinsicht auf Schärfe des Bildes der Vorzug vor allen damahls existirenden Mikroskopen zuerkannt. Dagegen litt dieses Mikroskop an grossem Lichtmangel, nicht nur weil durch die doppelte Reflexion viel Licht verloren ging, sondern auch, weil der Concavspiegel einen zu grossen Focus und eine zu geringe Oeffnung hatte, und der Planspiegel bei seiner bedeutenden Grösse einen beträchtlichen Theil des vom Concavspiegel zurückgeworfenen Lichtes auffing, welcher letztere Umstand eine nebliche Trübung in der Mitte des Gesichtsfeldes erzeugte, wenn nicht sehr starke Oculare angewendet wurden (*Goring*, micrographia. 4). Die Vorzüge dieses Instrumentes auf der einen, und die Mängel auf der andern Seite veranlassten Dr. *Goring* zu dem Versuche, Verbesserungen an demselben anzubringen, welche ihm auch mit Hülfe von *Pritchard* gelangen.

---

*) Hinsichtlich der Zeichnung muss ich bemerken, dass ich die Richtigkeit ihrer Dimensionen nicht verbürgen kann, indem ich sie nicht nach einem *Amici*'schen Instrumente, sondern nach der von *Amici* publicirten perspectivischen Zeichnung entwarf.

Dieses verbesserte Instrument ist mit sechs zum Auswechseln bestimmten, elliptischen Spiegeln von verschiedener Stärke versehen, von welchen der schwächste 2″ Focus und einen Oeffnungswinkel von $13^3/_4{}^0$, der stärkste $^3/_{10}$″ Focallänge und einen Oeffnungswinkel von 55^0 besitzt. Hiemit war, wie bei den neueren achromatischen Mikroskopen das Mittel gewonnen, die stärkeren Vergrösserungen nicht mit starken Ocularen erzwingen zu müssen, sondern durch starke Objective mit grossem Oeffnungswinkel zu erhalten; dabei trat freilich die grosse Unbequemlichkeit ein, dass der Focus des stärksten Spiegels in das Innere der Mikroskopröhre selbst fiel, so dass das Object durch die seitliche Oeffnung in dieselbe eingeschoben werden musste. Die Grösse des Planspiegels zur Grösse des Concavspiegels variirte von $^1/_3$ bis zu $^1/_2$ vom Durchmesser des ersteren. Die Vergrösserungen des Mikroskopes stiegen von den Vergrösserungen einer Linse von $^1/_2$″ Focus, bis zu der einer Linse von $^1/_{60}$″ Brennweite.

Auch dieses Mikroskop litt nach Dr. *Goring's* eigenen Angaben im Verhältniss zu einem dioptrischen an Lichtmangel, so dass derselbe die Helligkeit des katadioptrischen Mikroskopes nur etwa zu $^1/_3$ der Helligkeit eines dioptrischen von gleicher Oeffnung anschlägt (micrographia. 113). Als einen grösseren Uebelstand betrachtet jedoch *Goring* die eigenthümliche braune Farbe des Bildes dieser Mikroskope, welche demselben das Aussehen einer auf braunem Papiere entworfenen Zeichnung gebe, wenn nicht künstliches Licht zur Beleuchtung verwendet werde, wobei diese unangenehme Farbe unmerklicher werde. Wenn schon diese beiden Umstände dem dioptrischen Mikroskope einen bedeutenden Werth vor dem katadioptrischen zuerkennen lassen, so spricht zu Gunsten des ersteren hauptsächlich die grosse Geneigtheit aller aus Spiegelmetall verfertigten Spiegel, mit der Zeit anzulaufen, durch welchen Umstand natürlicherweise das Instrument zu Grunde geht. Schon die Reinigung der Spiegel von Staub und Schmutz mittelst eines Pinsels und Abwaschens mit Alcohol muss mit der

äussersten Vorsicht geschehen, um die Politur nicht zu verderben. Noch gefährlicher ist das von Dr. *Goring* (microgr. 21) vorgeschlagene Mittel, um den braunen Ueberzug, der sich oft mit der Zeit am Spiegel absetzt, zu entfernen, nämlich eine nur einen Augenblick dauernde Benetzung des Spiegels mit einer gesättigten Auflösung von Citronensäure und sofortiges Abwaschen mit Wasser und Alcohol.

Diese Umstände und zugleich der hohe Preis der Spiegelmikroskope (*Amici* verkaufte die seinigen um 800 bis 900 Franken) liessen bei der kurz nach ihrer Verfertigung eingetretenen Verbesserung der dioptrischen Mikroskope diese Instrumente wieder ausser Uebung kommen. Vielleicht kommt eine neue Periode ihrer Einführung, wenn das *Steinheil*'sche Verfahren, Metallspiegel durch galvanoplastische Niederschlagung von reinem Golde zu verfertigen, auf das Mikroskop angewendet wird, indem auf diese Weise mit sehr geringen Kosten Spiegel verfertigt werden könnten, welche der Gefahr des Anlaufens gar nicht unterworfen wären, aber freilich wegen der geringen Härte des Goldes bei der mechanischen Reinigung weit grössere Sorgfalt als die aus Spiegelmetall verfertigten erfordern würden.

Der Gedanke, zur Ausführung eines katadioptrischen Mikroskopes ein einziges Glasstück zu verwenden, welcher ursprünglich *Amici* angehörte, wurde von Prof. *Cavalleri* in Monza zur Ausführung gebracht. Von der Einrichtung seines Mikroskopes gibt folgende Beschreibung eine Vorstellung (Atti della sesta reunione degli scienziati italiani 1845. 42). »Dieses Mikroskop besteht aus einem verticalen Glascylinder von etwa 9‴ Durchmesser. Die untere, gegen das Object gewendete und von demselben etwa 7‴ abstehende Basis des Cylinders ist nach aussen concav und besteht aus einer centralen sphärischen Aushöhlung (calotta), welche von einer andern sphärischen Oberfläche von einem grösseren Halbmesser umgeben ist, welche ebenso, wie die erstere ihr Centrum in der Achse des Cylinders liegen hat.

Die obere Fläche des letztern ist aus zwei analogen Theilen gebildet; auf die nach aussen schwach concave Aushöhlung (calotta) folgt eine convexe Zone. Die Aushöhlung der unteren Basis und die Zone der oberen ist mit Staniol belegt, die erstere versieht gegen das Innere des Cylinders hin die Function eines convexen, die zweite eines concaven Spiegels. Der Verfasser bemerkte, dass in Folge dieser Construction sein Mikroskop nichts anderes, als ein gerades und im kleinsten Maasstabe ausgeführtes *Cassegrain*'sches Fernrohr ist. Ein vom Objecte ausgehender Lichtstrahl beschreibt innerhalb des Glases einen aus drei geraden Linien bestehenden gebrochenen Weg und erleidet beim Ein- und Austritte keine merkliche Refraction, indem er in beiden Fällen Oberflächen trifft, auf welche er nahezu senkrecht auffällt.« Der Verfasser führte an, dass er sein Instrument auf 4'' Länge reduciren könne und doch eine starke Vergrösserung erhalte. Ueber die Leistungen dieses Mikroskopes, über welches *Amici* im Verhältnisse zu seinem eigenen kein günstiges Zeugniss abgegeben zu haben scheint, kann ich aus eigener Ansicht nicht urtheilen, indem ich leider von dem Umstande, dass es während des wissenschaftlichen Congresses in Mailand aufgestellt war, während meiner Anwesenheit daselbst keine Kenntniss erhielt.

Die mikroskopische Beobachtung.

Es liegt in der Natur der Sache, dass eine schriftliche Anleitung zur mikroskopischen Beobachtung den Ansprüchen auf praktische Brauchbarkeit nur unvollständig entsprechen kann, dass, wenn überhaupt in dieser Kunst ein Unterricht gegeben werden soll, derselbe demonstrativer Art sein muss und dass jedenfalls die eigene, durch längeren Gebrauch des Mikroskopes erworbene Uebung sowohl in der Kunst, die Objecte zuzubereiten, als in der zu beobachten, die Hauptsache bleibt. Diese Uebung kann sich Jeder, der mit einiger Umsicht zu Werke geht, von selbst ohne Anleitung erwerben. Dessen unerachtet mag für solche, welche nicht Gelegenheit haben, einen Andern mikroskopische Beobachtungen machen zu sehen, die Besprechung einiger Punkte nicht überflüssig sein, indem dadurch vielleicht manchem Missgriffe vorgebeugt wird.

Zunächst sehe man darauf, dass das Mikroskop beständig in bester Ordnung ist. In dieser Beziehung möchte es zwar überflüssig erscheinen, wenn ich anführe, dass es unerlässlich ist, den optischen Theil des Instrumentes so rein als möglich zu halten, allein ich habe gar zu häufig die Erfahrung gemacht, dass Personen, welche sich nicht häufig mit mikroskopischen Beobachtungen beschäftigen und nicht gewohnt sind, grosse Aufmerksamkeit auf ihr Instrument zu verwenden, übersehen, dass die Gläser desselben und namentlich die Objective angelaufen sind. Man sieht dieses sehr leicht, wenn man dieselben in einiger Ent-

fernung vom Auge gegen das Fenster hält, wobei man leicht erkennen kann, ob das kleine Bild des Fensters, welches man auf diese Weise sieht, vollkommen rein und die Gläser frei von Staub und Schmutz sind. Man muss es sich zum festen Gesetz machen, niemahls ein zum Mikroskope gehöriges Glas, sei es Objectiv oder Ocular, sondern nur die Fassungen desselben mit den Fingern zu berühren, indem das Glas dadurch unfehlbar beschmutzt wird. Ebenso versteht es sich von selbst, dass man zufälligerweise von Flüssigkeiten u. drgl. verunreinigte Gläser sogleich mit feiner Leinwand reinigt. Allein die strengste Befolgung dieser Regeln wird nicht hinreichen, das Instrument immer in brauchbarem Zustande zu erhalten, indem sich mit der Zeit ein fettiger Ueberzug auf den Gläsern aus der Luft absetzt, welcher das mikroskopische Bild in hohem Grade trübt. Ob sich dieses in kürzerer oder längerer Zeit wiederholt, scheint theils von der Beschaffenheit des Glases, theils und vorzugsweise von der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgrade des Locals abzuhängen. Wenn eine solche Trübung der Gläser eingetreten ist, so überfahre man dieselben zuerst mit einem feinen Pinsel oder sehr sanft mit feiner Leinwand, um etwaigen Staub abzuwischen und reinige alsdann die Gläser vom fetten Schmutze. Dieser lässt sich von den nicht achromatischen Gläsern z. B. den Ocularen leicht mit Alcohol abwaschen. Bei Objectiven dagegen, deren Gläser mit Canadabalsam zusammengekittet sind, hüte man sich vor der Reinigung mit Alcohol, oder wische sie wenigstens sehr vorsichtig mit einer nur schwach mit Alcohol befeuchteten Leinwand ab, indem durch den Weingeist, wenn derselbe in die Fassung eindringen würde, leicht der Kitt getrübt werden könnte. Sicherer ist es, die Objective blos anzuhauchen und mit trockener Leinwand abzureiben. Hiezu feines Leder und namentlich Seide zu verwenden, ist nicht passend, indem thierische Stoffe jenen Schmutz nicht leicht gänzlich entfernen, sondern auf dem Glase einen dünnen, trüben Ueberzug von demselben zurücklassen.

Viel zweckmässiger ist es, zur Reinigung alte, vielfach gewaschene Leinwand oder einen baumwollenen Zeug zu verwenden. Besser als blose Leinwand, reinigt eine Leinwand, welche in Wasser, in dem sehr fein gepulverte Kreide suspendirt ist, getaucht und nach dem Austrocknen ausgeschüttelt wurde. Wenn die Fassungen enge und tief sind, so dass man mit der Leinwand nicht auf die convexe Seite der Objective, namentlich nicht zum Rande derselben gelangen kann, so ist trockenes Hollundermark, welches in gehörige Form geschnitten wird, kein übles Mittel, um dieselben zu reinigen.

Nicht selten sieht man auf den Flintglaslinsen einzelne trüb angelaufene, etwas matte Flecken, die man nicht etwa mit Schmutzflecken verwechseln und durch anhaltendes Reiben zu entfernen suchen muss; es ist mit denselben nichts anzufangen. Als ein Fehler sind sie immerhin zu betrachten, sie kommen jedoch bei Flintgläsern der besten Art vor, und es scheint, dass durch dieselben ein Objectiv nicht unbrauchbar wird, wenigstens beobachtete ich bis jetzt nicht, dass sie mit der Zeit sich vermehren, oder stärker werden.

Da bei den Mikroskopobjectiven die Flintglaslinse nach aussen gewendet und daher allen chemisch einwirkenden Schädlichkeiten zunächst ausgesetzt ist, so hüte man sich möglichst, solche Stoffe, welche auf dieses leicht angreifbare Glas schädlich einwirken könnten, mit den Objectiven in Berührung zu bringen. Am schlimmsten würde in dieser Beziehung Schwefelwasserstoffgas wirken, indem kein Flintglas der Einwirkung desselben widersteht, sondern in Folge der Bildung von Schwefelblei trüb wird. Die Sache ist nicht so bedenklich, dass in der gewöhnlichen Zimmerluft ein Anlaufen der Objective, selbst wenn sie wie einzelne Linsen der *Amici*'schen Objective aus *Faraday*'schem Glase (einer Verbindung von kieselsaurem und borsaurem Blei) verfertigt sind, zu befürchten ist, allein an Orten, an welchen sich häufig Schwefelwasserstoffgas entwickelt, wie in chemischen Laboratorien, würde ich nie ein achromatisches Mikroskop aufbewahren.

Wenn man, wie das bei phytotomischen Untersuchungen so häufig geschieht, die Objecte mit Jod behandelt, so schlagen sich leicht Joddämpfe an den Objectiven nieder und trüben dieselben. Dieser Niederschlag ist leicht mit Leinwand abzuwischen und ich fand nie, dass das Glas von demselben angegriffen wurde; es ist jedoch jedenfalls zu rathen, diesen Niederschlag nicht längere Zeit am Glase haften zu lassen.

Dämpfe von Mineralsäuren können ohne Zweifel das Flintglas der Objective angreifen, man wende daher, wenn man die Wahl hat, Schwefelsäure oder Phosphorsäure an und gebrauche, wenn man Salz- und Salpetersäure anwenden muss, etwas grosse Deckgläser zur Bedeckung des Objectes, um wenigstens die Dämpfe möglichst vom Objective abzuhalten, und reinige dieses nach der Beobachtung. Um jedoch sicher zu gehen, wäre es zweckmässig, in solchen Fällen das Objectiv mit einem Stiefel zu bedecken, wobei natürlicherweise, wenn man ein scharfes Bild erhalten will, wenigstens bei der Anwendung starker Objective, bei der Wahl des Deckglases Rücksicht auf die Dicke des im Stiefel befindlichen Glases zu nehmen wäre. Da mir dieses zu umständlich ist, so gebrauche ich den Stiefel nicht, sondern verwende zu solchen Beobachtungen, wenn sie nicht gerade ein ganz gutes Objectiv erfordern, Objective von geringerer Güte, an deren Erhaltung mir weniger gelegen ist; ich muss jedoch bemerken, dass ich bis jetzt niemahls fand, dass sie bei solchen Beobachtungen wirklich Schaden gelitten haben.

Wenn im Winter das Mikroskop kalt ist, so schlägt sich leicht am Oculare der vom Auge verdampfende Wasserdunst nieder. Man entgeht dieser Unannehmlichkeit leicht, wenn man das Ocular erwärmt; natürlicherweise darf man dieses jedoch nicht bei Ocularen mit achromatischen Gläsern thun, indem sonst der Kitt zwischen den Gläsern schmelzen könnte. Besser ist es aber, das Mikroskop im warmen Zimmer aufzubewahren.

Eine der Hauptschwierigkeiten bei mikroskopischen Beobach-

tungen bietet in den meisten Fällen die Präparation der Objecte dar. In dieser Beziehung lässt sich am wenigsten durch Beschreibung eine Anleitung geben, indem hiebei alles auf Dexterität des Beobachters ankommt und dieser im einzelnen Falle sich selbst zu helfen wissen muss. Vor allem gilt die Regel, dass bei der Präparation organischer Körper die einzelnen Theile so rein als möglich losgetrennt, und wo dünne Schichten abgeschnitten werden müssen, diese so zart und gleichförmig als möglich zu machen sind. Man lasse sich in dieser Beziehung keine Geduld und keinen Zeitaufwand reuen, denn die auf die Verfertigung eines guten Präparates verwendete Mühe und Zeit werden durch Leichtigkeit und Sicherheit der Beobachtung zehenmahl ersetzt.

Weiche Theile, namentlich thierischer Körper, werden mit denselben Handgriffen, wie sie der Anatom zur Präparation grösserer Theile verwendet, mit Hülfe von Scalpellen, feinen Scheeren*) und Pincetten getrennt. In demselben Verhältnisse, wie die Grösse der Objecte, muss auch die Grösse der Zergliederungsinstrumente abnehmen, daher spielen bei diesen Präparationen Nadeln eine Hauptrolle, wozu man am besten starke, in ein Heft eingesteckte und durch eine Schraube festgehaltene Nähnadeln benützt. In andern Fällen thun Staarnadeln, feine Häckchen u. drgl. gute Dienste.

Alle feineren Präparationen nimmt man unter der Lupe, dem einfachen oder pankratischen Mikroskope vor, hiebei sind jedoch gewöhnlich keine sehr starken Vergrösserungen nöthig, indem

---

*) *Pritchard* (micr. cabinet 244) gibt den Rath, den feinen Scheeren nicht die gewöhnliche aus zwei Ringen bestehende Handhabe zu geben, sondern den einen Arm in ein starkes, etwa einem Messerhefte ähnliches Holz zu befestigen und den andern weit kürzeren Arm in eine kleine flache Scheibe sich endigen zu lassen. Die beiden Arme werden durch eine Feder auseinander gehalten, und die Scheere durch das Niederdrücken des scheibenförmigen Armes geschlossen.

man nur in seltenen Fällen, wenn das Bild hinreichend scharf ist, über eine 20- bis 30mahlige zu steigen nöthig haben wird und jedenfalls mit einer 50- bis 60fachen schon ein so feines Detail sieht, dass unter dieser Vergrösserung die Spitze der Zergliederungsinstrumente und die Bewegungen derselben im Verhältniss zu den sichtbar gewordenen Theilen des Körpers sehr plump erscheinen. Als Unterlage des zu präparirenden Objectes wird man in den meisten Fällen und namentlich immer, wo es sich um Zerlegung kleiner Objecte unter stärkeren Vergrösserungen handelt, aus Spiegelglas ausgeschnittene Platten am bequemsten finden*); in andern Fällen, wo man unter schwächer vergrössernden Lupen bei Beleuchtung von oben arbeitet, können concav geschliffene Gläser und Schälchen, welche mit schwarz gefärbtem Wachse ausgegossen sind, gute Dienste leisten. Dexterität und Sinn für mechanische Arbeiten muss in allen diesen Fällen den Beobachter leiten; wie er im einzelnen Falle zu verfahren hat, kann keine schriftliche Anweisung zeigen.

Eine Bemerkung sei jedoch erlaubt. Manche sind der Ansicht, dass das künstlich potenzirte Auge auch künstlich potenzirte Hände erfordere und gehen darauf aus, die Präparation der Objecte durch vielerlei Instrumente und einen künstlichen Apparat zu erleichtern. So räth z. B. *Purkinje* (*Wagner's* Handwörterb. der Physiologie. Artic. Mikroskop) den mit Schrauben beweglichen Objecttisch zu benützen, um mittelst an demselben befestigter und durch ihn beweglicher Häckchen Zerrungen vorzunehmen, gibt

*) An der Form dieser Glasplatten ist natürlicherweise nicht viel gelegen. Die meisten benützen wohl Platten, die in Form eines Parallelogramms zugeschnitten, etwa 7 Centimeter lang und ein paar Centimeter breit sind; bequemer sind dagegen wohl kreisförmige Platten von 3 bis 4 Centimeter Durchmesser, indem diese leichter, je nachdem es die Lage des Objectes erfordert, zu drehen sind und weniger leicht über den Rand des Objecttisches vorstehen.

an, er werde sich mit Herstellung eines mikrotomischen Objecttisches mit mikrometrisch beweglichen Pincetten und Scheerchen beschäftigen, räth an, sich Spitzen der verschiedensten Form (theils gabel- theils kammförmige, theils in Form von Häckchen, Plättchen, Karsten) verfertigen zu lassen u. s. w. Mit allem diesem wird wenig geholfen sein. Man gewöhne seine Hand an sichere und stete Bewegungen, dann wird der einfachste Apparat genügen. Auf Niemand passt der Ausspruch *Franklin's*, der Naturforscher müsse mit einem Bohrer sägen, und mit einer Säge bohren können, mehr als auf den Mikrographen.

Eine Schwierigkeit findet man in vielen Fällen bei der Verfertigung zarter Durchschnitte von organischen Körpern, wenn sie eine gewisse Weichheit besitzen, indem zwar häufig der erste Schnitt, mit welchem man eine glatte Fläche schneidet, gut ausfällt, aber beim zweiten, mit welchem man eine dünne Schichte abschneiden will, die Substanz dem Messer ausweicht. Hier wird in vielen Fällen der Schnitt besser gelingen, wenn man auf die abzuschneidende Stelle einen Wassertropfen bringt, und auf diese Weise unter Wasser schneidet, in andern Fällen wird die Anwendung einer guten Scheere der des Messers vorzuziehen sein, hauptsächlich aber wird man in sehr vielen Fällen zarte Schichten abschneiden können, wenn man einen solchen Körper eintrocknen lässt, bis er eine für den Schnitt sich eignende Consistenz angenommen hat. Diese Methode des Eintrocknens ist in den meisten Fällen dem Versuche durch Einwirkung chemischer Reagentien die nothwendige Erhärtung hervorzubringen vorzuziehen, indem die letzteren in den meisten Fällen Veränderungen in den organischen Körpern hervorrufen, während die dünnen Abschnitte halb- oder ganz getrockneter Gewebe in den meisten Fällen in Wasser wieder aufquellen. Wo dieses nicht der Fall ist, muss man freilich zur Erhärtung durch chemisch wirkende Mittel seine Zuflucht nehmen. Zu diesem Behufe werden in vielen Fällen Säuren (bei thierischen Theilen

wurden besonders Holzessig und Chromsäure empfohlen), die Lösung von kohlensaurem Kali, Alcohol gute Dienste thun. In dieser Beziehung lassen sich kaum allgemeine Regeln geben, sondern man muss sich im einzelnen Falle durch die Eigenschaften der zu untersuchenden Substanz und die Veränderungen, die sie durch Eintrocknung, oder durch Einwirkung von chemischen Reagentien erleidet, leiten lassen. Für solche Fälle, in welchen aus einer halb weichen Substanz dünne Schichten ausgeschnitten werden sollen, hat *Valentin* sein Doppelmesser construirt, welches zwei parallel stehende, durch Schrauben einander zu nähernde Klingen besitzt, bei dessen Anwendung jedoch die Meisten den von ihm erwarteten Vortheil nicht fanden. Das beste Instrument für diesen Zweck besteht in einem guten Rasiermesser, dessen Klinge im Hefte fest steht.

Eine bedeutende Schwierigkeit findet man in manchen Fällen darin, von sehr dünnen Organen z. B. Moosblättern, so dünne Querschnitte zu machen, dass die abgeschnittene Schichte dünner als breit ist und sich, wenn man sie in Wasser bringt, auf die Schnittfläche legt. Wenn solche Theile noch ziemlich gross und fest sind, wie z. B. Haare, so kann man sie auf eine weiche Unterlage z. B. ein festes, glattes Leder legen und auf dieser in Schichten schneiden; allein das reicht nicht aus, wenn die Körper sehr dünn und weich sind. In diesem Falle erreicht man jedoch seinen Zweck sehr leicht, wenn man den Körper zwischen zwei Stücke einer Substanz, die sich leicht in sehr dünne Schichten schneiden lässt, bringt und ihn mit derselben zerschneidet. In dieser Hinsicht wird man nicht selten von Hollundermark eine gute Anwendung machen können, noch weit besser finde ich dagegen hiezu das weiche Mark, welches den Schaft einer Schreibfeder ausfüllt.

Wer seinen Messern mit Hülfe des Wetzsteines, oder einer Glasplatte mit Schmirgel und Zinnasche, des Abziehriemens und der Pâte minérale eine feine Schneide zu geben vermag,

eine feste Hand und Dexterität besitzt, wird mit einigen Scalpellen, Rasiermessern, Nadeln, feinen Pincetten, Scheeren, Häckchen, feinen Glasröhrchen, Pinseln u. drgl. hinreichend zur Verfertigung seiner Präparate ausgerüstet sein. Hiebei ist es für die wissenschaftliche Untersuchung in der Regel hinreichend, wenn auch nur kleine Stücke einer organischen Substanz eine vollkommen gute Zubereitung erhalten haben. Wer freilich ein mikroskopisches Cabinet anlegen und zu diesem Behufe Präparate anfertigen will, welche nicht blos instructiv, sondern auch schön sein sollen, und bei welchen desshalb grössere Abschnitte eine durchaus gleiche Dicke haben müssen, der bedarf zum Abschneiden solcher grösserer Schichten mechanischer Vorrichtungen. Diese sogenannten Mikrotome haben im Wesentlichen die Einrichtung, dass durch die Oeffnung eines metallenen Tischchens, auf dessen Fläche ein Messer mit der Hand oder durch einen Schieber hin und her geführt wird, das zu zerschneidende Object durch eine Mikrometerschraube in die Höhe geschoben wird, so dass von demselben nach Belieben dickere oder dünnere völlig ebene Schichten abgeschnitten werden können. Schon von *Hill* (Construction of timber. Tab. I.) wurde ein solches Mikrotom abgebildet, später wurden vielfache Aenderungen an demselben vorgenommen, ohne dass das Instrument eine grosse Brauchbarkeit erhielt, bis in der neueren Zeit (*Simon*, Beiträge zur Chemie und Mikroskopie. I. 129) Dr. *Oschatz* mit Hülfe des Mechanikus *Nösselt* diesem Instrumente eine sehr vollendete Einrichtung gab, so dass es ihn in den Stand setzte, mittelst desselben ausgezeichnet schöne Präparate von Hölzern und andern Theilen der Pflanzen zu verfertigen. Dem allgemeinen Gebrauche dieses *Oschatz*'schen Mikrotomes steht dagegen sein hoher Preis entgegen, indem ein einfacheres Instrument dieser Art, bei welchem die Durchschnitte mit freier Handführung gemacht werden, 23 Thaler, ein Mikrotom mit mikrometrischem Support 80 Thaler kostet; auch muss ich mich, bei aller Geneigtheit, die Leistungen dieses Instru-

mentes lobend anzuerkennen, doch dahin aussprechen, dass es nur insoferne einen Werth hat, als man durch dasselbe in den Stand gesetzt ist, schöne Präparate zu verfertigen, dass es aber wissenschaftlichen Untersuchungen keinen Vorschub zu leisten im Stande ist. Es wird auch jeder Phytotom zum Behufe seiner wissenschaftlichen Untersuchungen es vorziehen, die Schnitte aus freier Hand zu führen, indem dieses weit kürzer ist, als das Einspannen des zu untersuchenden Pflanzentheiles in ein Mikrotom, und eine weit grössere Freiheit in der Richtung der Schnitte gestattet.

Harte Theile, wie Knochen, Zähne, versteinerte Hölzer werden der mikroskopischen Untersuchung dadurch zugänglich gemacht, dass möglichst dünne Plättchen aus denselben ausgesägt und wenigstens auf der einen Seite eben geschliffen und je nach den Umständen polirt werden. Bei Zähnen und Knochen macht dieses nur eine mässige Mühe, indem sie weich genug sind, um mit Säge und Feile bearbeitet und auf dem Schleifsteine geschliffen werden zu können. Anders verhält es sich dagegen mit Hölzern, die in Kieselerde versteinert sind. Am besten lässt man dieselben durch den Steinschleifer bearbeiten, indem der Zeitaufwand zu bedeutend ist, als dass viele mikroskopische Beobachter geneigt sein werden, die Präparate selbst zu verfertigen. Will man sich jedoch diesem Geschäfte selbst unterziehen, so spannt man auf eine Drehbank eine dünne Metallscheibe, am besten von Kupfer auf, und schneidet mit derselben mit Hülfe von Schmirgel von dem im Support befestigten Steine dünne Schichten ab, welche alsdann auf Glasscheiben aufgekittet und mit feinem Schmirgel möglichst dünn geschliffen und polirt werden.

In sehr vielen Fällen können harte organische Gebilde, wenn ihre Härte in der Einlagerung von Salzen begründet ist, durch Behandlung mit Säuren, welche diese Salze auflösen, so erweicht werden, dass sie mittelst des Messers in dünne Schichten zu schneiden sind; diese Methode findet namentlich bei Knochen und Zähnen ihre Anwendung.

Die Untersuchung der meisten mikroskopischen Präparate organischer Körper muss in einem durch ein Deckglas bedeckten Wassertropfen vorgenommen werden, indem das Wasser nicht blos die Austrocknung der frischen Theile, sondern auch das Aneinanderkleben getrennter Theile, das Zusammensinken weicher Theile zu unförmlichen Massen verhindert, dieselben leichter ausbreiten lässt u. s. w. In andern Fällen ist jedoch auch die Untersuchung derselben im trockenen Zustande vorzuziehen, indem bei dem geringeren Lichtbrechungsvermögen der Luft die Umrisse des Objectes dunkler erscheinen, und manches im benetzten Zustande unsichtbare oder nur undeutlich erscheinende Detail im getrockneten Zustande deutlicher hervortritt. In andern Fällen, namentlich bei Untersuchung solcher organischer Körper, in welchen viele unorganische Substanz abgelagert ist, und welche dadurch wenig durchsichtig geworden sind, ferner bei Untersuchung mancher fossiler Infusorien u. drgl. wird man die Untersuchung bedeutend erleichtert finden, wenn man die Körper in klaren Terpenthin oder canadischen Balsam bringt. Ebenso erhalten manche getrocknete thierische Substanzen in Terpenthinöl oder Canadabalsam eine grosse Durchsichtigkeit, welche undurchsichtige in ihnen liegende Theile, wie injicirte Gefässe, besonders klar hervortreten lässt. Bei Untersuchung vegetabilischer Körper fand ich dagegen von der Anwendung von Canadabalsam niemahls einen Vortheil, sondern immer nur Nachtheil, indem sie in demselben viel zu durchsichtig werden, um noch ein scharfes, mit bestimmten Umrissen versehenes Bild zu geben.

In allen diesen Beziehungen, sowohl was die Präparation, als die Untersuchungsmethode betrifft, gibt es nur eine allgemeine Regel, die Untersuchung so vielfach zu modificiren und zu wiederholen, wenn auch Tage und Wochen aufgewendet werden müssen, bis man die Structur eines Körpers in allen Einzelnheiten erforscht hat. Geduld und Erfindungsgeist werden hier oft zum Ziele führen, wenn auch die ersten Versuche an jedem Erfolg

verzweifeln liessen. Wer mit dem Mikroskop schnell beobachten will, wird nie etwas leisten.

In vielen Fällen, in welchen ein Körper zu klein ist, um ihn mit Hülfe von Messern und Nadeln zergliedern zu können, führt eine mehr oder weniger starke Quetschung zur Trennung seiner Theile oder wenigstens zur Sichtbarmachung seiner im Innern gelegenen Theile. Zu diesem Behufe dienen die oben beschriebenen Compressorien, deren Anwendung freilich mit vielen Umständen verbunden und sehr häufig durch den mit den blosen Fingern ausgeübten Druck zu ersetzen ist. Die Anwendung des Compressoriums unterscheidet sich von dem durch die Finger auf ein Deckglas ausgeübten Drucke einestheils dadurch, dass der Druck sehr allmählig vom allerschwächsten Grade bis zur völligen Zerquetschung des Körpers gesteigert werden kann, während diese gleichförmig zunehmende Steigerung mittelst der Finger nicht hervorgebracht werden kann, anderntheils dadurch, dass jeder dieser verschiedenen Grade des Drucks dauernd ist, wie man mit der Drehung der Schraube aufhört, während wenn man den Druck mittelst der Finger anwendet, schon ehe der Druck beginnt, das Gewicht des Deckglases einen gewissen oft schon zu starken Druck ausübt und wenn ein gewisser Grad der Quetschung mittelst der Finger erreicht ist und nun diese weggezogen werden, der gequetschte Körper vermöge seiner Elasticität wieder zu seiner früheren Form mehr oder weniger zurückkehren kann, was bei Anwendung eines Compressoriums nicht möglich ist. Diese Umstände geben der Anwendung des Compressoriums einen entschiedenen Vorzug vor dem Drucke mittelst der Finger; allein die Sache hat auch eine andere Seite. Das Compressorium erlaubt nur einen in gerader Richtung nach abwärts wirkenden Druck, damit aber ist in sehr vielen Fällen wenig geholfen, wenn nicht mit dem Drucke auch eine Verschiebung der oberen Glasplatte auf der unteren, ein damit verbundenes Hin- und Herrollen des Körpers vereinigt werden kann. Durch

eine solche rollende Bewegung ist es nicht blos möglich, die zur Beobachtung günstigste Seite des zu untersuchenden Körpers nach oben zu wenden, sondern es ist auch in sehr vielen Fällen möglich durch abwechselndes, in verschiedenen Richtungen unter bald nachlassendem, bald verstärktem Drucke vorgenommenes Rollen zersprengte Membranen abzulösen, Falten auszugleichen u. s. w. Diese oft weit wichtigere Operation kann das Compressorium nicht ausüben. *Mandl* versuchte zwar, auch dieses Umherrollen durch ein eigenes Instrument, bei welchem durch eine Schraube eine Glasplatte über der andern verschoben wird, auszuführen (*Oberhäuser* verfertigt das Instrument unter dem Namen compresseur à reculement du Dr. *Mandl*), allein die Wirkung eines solchen Instrumentes ist immer eine nothwendigerweise unvollkommene, indem die Bewegung der oberen Platte über der unteren nur in einer Richtung erfolgt, während man mittelst der Finger es in seiner Gewalt hat, dieselbe in jeder beliebigen Richtung und Abwechslung unter bald nachlassendem, bald verstärktem Drucke je nach dem augenblicklichen, durch den Zustand des Objectes angezeigten Erfordernisse zu bewegen. Aus diesem Grunde ziehe ich die Quetschung eines Objectes durch die Finger in der unendlichen Mehrzahl der Fälle der Anwendung eines Compressoriums vor, um so mehr, da der Vortheil des Compressoriums, einen langsam steigenden und auf dem einmahl erreichten Grade stehen bleibenden Druck hervorzubringen, auch mittelst der Finger wenigstens annäherungsweise erreicht werden kann, wenn man mit dem Objecte einige Wachskügelchen unter das Deckglas legt, welche bei ihrer Resistenz eher erlauben, einen allmählig steigenden Druck auszuüben.

Mancher Leser wird vielleicht an dieser Stelle eine Auseinandersetzung der Einwirkung, welche chemische Reagentien auf die Objecte der mikroskopischen Forschung ausüben, erwarten. Ich bin anderer Meinung. Allerdings wird in unendlich vielen Fällen die mikroskopische Untersuchung der Objecte durch die

Einwirkung von chemischen Reagentien, welcher man sie unterwirft, nicht blos wegen der Färbung, welche die letzteren hervorbringen, erleichtert, sondern die wahre Beschaffenheit der Objecte erst durch die chemische Einwirkung der Reagentien erkennbar gemacht, und insoferne kann der Anatom und Physiologe bei seinen mikroskopischen Untersuchungen die Anwendung von Säuren, Alcalien, Jod, Aether, Alcohol etc. nicht entbehren. Insoferne er jedoch diese Stoffe anwendet, tritt er aus dem Gebiete des Mikrographen in das des Chemikers über, und er benützt blos das Mikroskop um solche chemische Reactionen, die für das blose Auge weniger deutlich sind, durch die Vergrösserung, die jenes gewährt, deutlicher zu sehen. Ich glaube daher, dass es nicht die Aufgabe einer Anleitung zum mikroskopischen Beobachten ist, eine Aufzählung der chemischen Operationen zu geben, zu deren Beobachtung das Mikroskop angewendet werden kann, ebensowenig als es die Aufgabe einer Schrift, welche über die Einrichtung und den Gebrauch der Waage handelt, wäre, alle chemische Operationen anzuführen, deren Resultat durch Wägung zu constatiren ist. Die Aufgabe solcher Schriften kann blos die sein, die Einrichtung des Instrumentes und die Art seines Gebrauches auseinander zu setzen, auf den individuellen Zweck, zu welchem das Instrument vom einzelnen Forscher verwendet wird, können sie dagegen keine Rücksicht nehmen. Die von den Reagentien auf die mikroskopischen Objecte ausgeübten Einwirkungen und die Anleitung zur Ausführuug der unter dem Mikroskope vorzunehmenden chemischen Operationen müssen daher in den Schriften über Chemie, Anatomie, Physiologie u. s. w. auseinander gesetzt werden, sie können aber nicht Gegenstand der Mikrographie sein.

Was nun die mikroskopische Beobachtung selbst betrifft, so sind vielleicht einige Bemerkungen über das Verhalten des Auges dabei nicht überflüssig. Man bringe dasselbe während der Beobachtung so nahe, als möglich an das Ocular, indem man hiebei das

grösste Gesichtsfeld hat und fremdes Licht am besten ausschliesst. Die Meisten schliessen, während sie mit dem einen Auge ins Mikroskop sehen, das andere Auge und gewöhnen sich, weil die meisten Menschen wohl das linke, aber nicht das rechte Auge einseitig schliessen können, daran, immer mit dem rechten Auge zu beobachten. Das Schliessen des nicht beobachtenden Auges schadet zwar nichts, ist aber auch nicht nothwendig, indem man sich leicht gewöhnt, auch wenn es offen bleibt, seine Aufmerksamkeit nur auf das durch das andere Auge gesehene mikroskopische Bild zu richten. Eine andere Frage ist es dagegen, ob es nicht zweckmässig wäre, mit beiden Augen bei der Beobachtung abzuwechseln, indem der beständige Gebrauch des einen Auges eine Ungleichheit im Sehvermögen beider Augen herbeiführt, welche wenigstens bei mir nicht ursprünglich bestand, sondern erworben wurde. Man gewöhnt sich allerdings, wenn man immer mit dem einen Auge beobachtet, mit demselben sehr scharf zu sehen und erhält die Uebung, ohne eine Ermüdung oder Anstrengung zu fühlen, lange dauernde Beobachtungen mit demselben zu machen. Das in Unthätigkeit bleibende Auge erhält dagegen eine eigenthümliche Reitzbarkeit. Wenn man mit diesem in das Instrument sieht, so erhält es einen weit helleren Lichteindruck, es wird aber schnell überreitzt und ist zu scharfer und anhaltender Beobachtung nicht tauglich. Es begegnete mir wiederholt, dass ich zu Zeiten, in denen ich viele Monate hindurch täglich sehr anstrengende Beobachtungen machte, in dem nicht zur Beobachtung gebrauchten Auge Schmerzen bekam, was mir in dem rechten Auge, durch welches ich in das Mikroskop sehe, niemahls begegnete. Ein solcher Unterschied in der Reitzbarkeit beider Augen bestand bei mir, als ich mikroskopische Beobachtungen zu machen anfing, noch nicht und ich konnte mit beiden Augen gleich gut beobachten. Aus diesen Umständen schliesse ich, dass es für die Augen besser wäre, wenn dieselben abwechselnd zur Beobachtung gebraucht würden.

In Hinsicht auf die Wahl der Vergrösserung gilt ganz allgemein die Regel, dass man die Beobachtung mit schwacher Vergrösserung beginnt und allmählig zu den stärkeren aufsteigt. Der Grund hievon ist einfach der, dass die schwächeren Vergrösserungen, da sie einen grösseren Theil des Objectes übersehen lassen und ein schärferes und helleres Bild geben, eine Uebersicht über das Ganze des Objectes geben, Form und Farbe desselben, den Zusammenhang und das Verhältniss seiner Theile erkennen lassen, wonach, wenn man auf diese Weise über die allgemeineren Verhältnisse orientirt ist, die starken Vergrösserungen einzelne specielle Punkte deutlicher zu machen geeignet sind. Beim Wechseln der Vergrösserungen mache man es sich zur bestimmten Regel, die stärkeren Vergrösserungen niemahls durch Verbindung schwacher Objective mit starken Ocularen hervorzubringen, sondern immer stärkere Objective bei Beibehaltung des schwächsten Oculares zu nehmen und erst dann, wenn man schon das stärkste Objectiv angeschraubt hat und mit der Vergrösserung noch höher steigen will, die stärkeren Oculare anzuwenden, wobei man freilich in der Regel nicht mehr viel gewinnen wird.

Es wird gewiss keinen mikroskopischen Beobachter geben, dem es nicht schon begegnete, dass er beim Einstellen des Mikroskopes das Objectiv dem Objecte zu sehr näherte und in der Meinung, er sei noch zu weit von demselben entfernt, das Objectiv auf das Deckglas aufschraubte, in Folge hievon das Object zerstörte, das Deckglas zerbrach oder gar im schlimmsten Falle das Objectiv verdarb. Es gibt eine sehr einfache Methode, um sich gegen diesen Uebelstand sicher zu stellen und ich rathe einem Jeden, sich dieselbe anzugewöhnen und sie unter allen Umständen zu befolgen. Sie besteht darin, dass man nicht, während man in das Mikroskop sieht, durch Abwärtsschrauben desselben das Object aufsucht und auf dasselbe einstellt, sondern umgekehrt, während man horizontal über das Deckglas wegsieht, das Mikroskop weiter abwärts schraubt, als nöthig ist und nun, während man

ins Mikroskop sieht, dieses aufwärts schraubt, bis das Bild erscheint. Wer nicht mit starken Objectiven beobachtet, wird diese Methode für überflüssig und unnöthig zeitraubend halten; wer dagegen mit starken Objectiven oder mit solchen, welche dicke Deckgläser erfordern und den letzteren sehr nahe gebracht werden müssen, beobachtet, der wird sehr wohl thun, sich diese Regel zum unverbrüchlichen Gesetz zu machen. Die Optiker sollten, um jedenfalls die Objective vor dem in solchen Fällen möglichen Zerbrechen zu bewahren, die Fassung derselben so einrichten, dass über die Fläche des Glases und den auf das Glas umgebogenen Rand der äussere Theil der Fassung etwas vorsteht, wie dieses bei den *Oberhäuser*'schen Objectiven der Fall ist, bei welchen (Tab. IV. fig. 4.) der auf die Linse umgebogene und vom übrigen Theile der Fassung durch eine eingedrehte Furche getrennte Rand a der Fassung von dem an die Schraube angrenzenden Theile der Fassung b etwas überragt wird.

Die Kunst, durchs Mikroskop zu sehen und sich eine klare Vorstellung von der Form des Objectes zu bilden, wird nur durch lange Uebung erworben, indem diese Art zu sehen in mancher Hinsicht von dem gewöhnlichen Sehen abweicht. Man hat viel von Augentäuschungen gesprochen und es war eine Zeit lang Mode, dass die, welche von der Sache nichts verstanden, die mikroskopischen Beobachtungen als unzuverlässig in Misscredit zu bringen suchten. Von dieser Absurdität sind zwar die Meisten zurückgekommen, allein dessenungeachtet will das Sehen durchs Mikroskop gelernt sein.

Das mikroskopische Sehen hat im Gegensatze gegen das Sehen mit blosem Auge die Eigenthümlichkeit, dass immer nur die genau in der Fläche des Focus liegenden Gegenstände ein scharfes Bild geben, dagegen die hinter und vor dem Focus liegenden unsichtbar, oder wenigstens nicht deutlich sichtbar sind. Das ist zwar beim Sehen mit blosem Auge auch bis auf einen gewissen Grad der Fall, indem bekanntlich das Auge unfähig ist,

zu gleicher Zeit einen nahen und einen fernen Gegenstand deutlich zu sehen, und nach unserm Willen gewisse Veränderungen erleidet, welche es in den Stand setzen, entweder von fernen oder von nahen Gegenständen ein scharfes Bild zu entwerfen. Es liegen aber fürs blose Auge die Grenzen, zwischen welchen dasselbe zu gleicher Zeit deutlich sieht, einander nicht so nahe, dass wir nicht mehrere in kurzer Entfernung hintereinander liegende Körper oder die verschiedenen, gegeneinander geneigten Seiten desselben Körpers zugleich sehen können und dadurch in den Stand gesetzt werden, die Form eines Körpers mit einem Blicke aufzufassen, während bei einem starken Mikroskope schon die Dicke einer Schmetterlingsschuppe zu beträchtlich ist, um alle hintereinander in derselben liegenden Theile zugleich sehen zu können. Beim Sehen mit blosem Auge besitzen wir ferner das grosse Hülfsmittel, durch Bewegung des Kopfes und die dadurch geänderte Projection der Körper uns in zweifelhaften Fällen sogleich über ihre relative Lage und über ihre Form unterrichten zu können. Bei nahe liegenden Gegenständen können wir endlich dem Auge durch den Tastsinn zu Hülfe kommen.

Das alles ist nun beim mikroskopischen Sehen anders. Wir sehen ein genau in einer Fläche liegendes Bild, wobei nicht wie bei einem Gemälde die verschiedenen hintereinander liegenden Theile künstlich in eine Ebene gebracht sind, sondern wobei die hinter und vor der gesehenen Fläche liegenden Theile unsichtbar sind, so dass wir nur die oberste Fläche eines Körpers ohne seine Seitenflächen, oder wenn das Mikroskop tiefer eingestellt wird und der Körper durchscheinend ist, die Fläche eines Durchschnittes durch denselben sehen. Wir können uns desshalb beim mikroskopischen Sehen immer nur über die Breite- und Längendimension eines Körpers, aber nicht über die Dicke desselben unterrichten. Das Einrichtungsvermögen des Auges ist viel zu schwach, als dass es einen bemerkenswerthen Einfluss auf das mikroskopische Bild hätte und uns erlaubte, höher und niederer

gelegene Theile nach einander erkennen zu können; dieses kann nur in Folge einer andern Einstellung des Mikroskopes geschehen. Mit diesem Umstande, dass wir durch das Mikroskop nur in bestimmter Entfernung sehen, fällt auch das Hülfsmittel hinweg, durch Aenderung der Lage des Auges die Projection der gesehenen Körper zu ändern und uns dadurch über ihre Form zu unterrichten. Dass wir durch das Mikroskop nur mit Einem Auge sehen, macht keinen bedeutenden Unterschied, indem wir auch beim gewöhnlichen Sehen nicht gerade mit zwei Augen sehen müssen, um die Form eines Körpers zu erkennen. Zu allem diesem kommt nun noch die durchaus verschiedene Beleuchtung. Während wir mit seltenen Ausnahmen im gewöhnlichen Leben keinen Körper mittelst durchgehenden, sondern nur mittelst des von ihm reflectirten Lichtes sehen, findet beim Mikroskope in der Regel das Gegentheil statt. Wir sehen mehr den Schatten des Körpers, als ihn selbst; wir sehen keine Erhabenheiten und Vertiefungen, sondern wir sehen die Vertiefungen als hellere, die Erhabenheiten als dunklere Stellen desselben. Hiezu kommen noch mancherlei Erscheinungen, welche die Brechung des Lichtes in sphärischen oder cylindrisch gekrümmten, erhabenen oder concaven Theilen, in Luftblasen, die in dichteren Flüssigkeiten enthalten sind, oder Röhren ausfüllen u. s. w. erzeugt.

Alle durch das Mikroskop gesehenen Bilder fasst das Auge eben so richtig auf, als wenn wir dieselben ohne ein optisches Instrument sehen würden; das Auge täuscht sich nicht, wohl aber täuscht sich der, welcher die Bedeutung der Bilder noch nicht kennt. Das Sehen durchs Mikroskop muss erst erlernt, der mikroskopische Beobachter erzogen werden. Diese Erziehung bedarf übrigens keines besondern Unterrichtes, sie ergibt sich durch Umsicht beim Beobachten von selbst.

Die hauptsächlichste Schwierigkeit beim mikroskopischen Sehen besteht darin, dass wir uns bei der Unmöglichkeit, die der Tiefe nach hintereinander liegenden Theile eines Körpers zu

sehen, nur dadurch eine Vorstellung von seiner Form bilden können, dass wir das Mikroskop auf die verschiedenen, der Tiefe nach hintereinander liegenden Schichten des Körpers einstellen, und die auf diese Weise nacheinander erhaltenen Bilder im Gedächtnisse vergleichen und aus denselben ein körperliches Bild construiren. Bei Körpern, welche eine einfache Form, z. B. die einer Kugel, eines Cylinders, eines Würfels u. s. w. besitzen, wird dieses Verfahren und eine geringe Uebung hinreichen, um sich eine deutliche Vorstellung von ihrer Gestalt zu verschaffen; bei verwickelten und unregelmässigen Gestalten, z. B. bei polyedrischen Pflanzenzellen macht dagegen die Sache grössere Schwierigkeiten und es scheint, dass viele Menschen nicht die nöthige Combinationsgabe und den nothwendigen Formensinn haben, um sich auf diese Weise aus den verschiedenen, nacheinander gesehenen Bildern die wirkliche Form des Körpers zu construiren, wie z. B. die vielen abentheuerlichen Vorstellungen und Zeichnungen, welche über die Form der Pflanzenzellen publicirt wurden, beweisen. In solchen schwierigeren Fällen, und ebenso bei einfacher gestalteten Körpern, wenn es sich um Ausmittlung der Dimensionen ihrer verschiedenen Seiten handelt, können wir uns über die wahre Gestalt der Körper nur dadurch Gewissheit verschaffen, dass wir sie von verschiedenen Seiten aus betrachten. Bei isolirten Körpern geschieht dieses leicht, wenn sie in eine Flüssigkeit gebracht und, sei es durch blose Neigung des Objectträgers, sei es durch Umherrollen mittelst eines Deckglases, um ihre Achse in verschiedenen Richtungen gedreht werden. Bei Theilen zusammengesetzter Körper erreicht man denselben Zweck durch Schnitte, die in bestimmten Richtungen geführt werden. Dieses letztere Mittel findet namentlich in der Pflanzenanatomie die ausgedehnteste Anwendung.

Das letztere Hülfsmittel ist ferner das einzige, welches uns über Erhabenheiten und Vertiefungen der Körper, Aushöhlungen

in ihrer Substanz u. drgl. Aufschluss gewähren kann. In einer Masse von Fällen bemerkt man an organischen Körpern hellere oder dunklere Punkte, Streifen u. s. w., über deren wahre Beschaffenheit man im Zweifel bleibt, so lange man sie nur von einer Seite aus sieht, deren Verhältnisse aber sogleich klar werden, wenn wir sie in der auf die frühere senkrechten Richtung betrachten. Ich erinnere z. B. an die sogenannten Poren der Pflanzenzellen und Gefässe und an die Höfe, von welchen manche derselben umgeben sind; so lange man bei Untersuchung dieser Gebilde immer nur senkrecht auf die Membran, aus der sie bestehen, hinabsah, war die Beschaffenheit jener Tüpfel unklar; sie wurden bald für Erhabenheiten, bald für anhängende Körner, bald für Löcher erklärt u. s. w. Als ich dagegen anfing, diese Organe auf Schnitten, die in senkrechter Richtung ihre Membranen getrennt hatten, zu untersuchen, konnte mir nicht verborgen bleiben, dass die sogenannten Poren Canäle sind, welche nur einen Theil der Membran durchdringen, und die Höfe Höhlungen, welche zwischen den Wandungen der aneinanderliegenden Zellen und Gefässe liegen.

Gehörig geführte Schnitte gewähren auch das beste Mittel, um sich vor Täuschungen, zu denen die Brechung des Lichtes in gekrümmten durchsichtigen Körpern Veranlassung geben kann, sicher zu stellen. Wie viele glaubten nicht z. B. zu finden, dass die Haare, die Fasern der Spiralgefässe hohl seien, die Betrachtung eines Querschnittes derselben widerlegt diese Ansicht auf die einfachste Weise. Nicht selten kann man sich auch von dem Mangel oder der Anwesenheit einer Höhlung dadurch überzeugen, dass man einen Körper zuerst trocken untersucht und alsdann Wasser auf denselben bringt, wo sich dann, wenn er eine Höhlung besitzt, an der eigenthümlichen Brechung des Lichtes, so lange die Höhlung noch Luft enthält, und an dem Eindringen des Wassers in dieselbe die Sache leicht entscheiden lässt.

Diese Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, wie der mikroskopische Beobachter die Structur eines Körpers zu untersuchen und wie er zu sehen hat. Es ist vielleicht keine unrichtige Vergleichung, wenn ich seine Methode mit dem Verfahren, sich vom Baue einer Maschine oder eines Gebäudes durch das Studium von Aufriss- und Durchschnittszeichnungen zu unterrichten, vergleiche. Wie hier die Phantasie zu Hülfe kommen muss, um aus den sich rechtwinklig kreuzenden Durchschnitten, von welchen jeder nur die in einer Fläche liegenden Theile darstellt, ein körperliches Bild zu construiren und auf die Längen- und Breitendimensionen, welche der eine Durchschnitt darstellt, die Dimensionen der Tiefe überzutragen, die ein anderer Durchschnitt zeigt, auf ganz analoge Weise muss der mikroskopische Beobachter die Bilder, welche er bei den verschiedenen Seitenansichten eines Körpers und auf Durchschnitten, die in verschiedenen Richtungen gemacht wurden, erhält, combiniren, um eine Vorstellung von den körperlichen Verhältnissen des Objectes zu erhalten. Die Sache ist an und für sich nicht schwer, sie erfordert aber einen gewissen Formensinn, Geduld und Uebung.

Die Betrachtung opaker Körper durch das Mikroskop hat weit mehr Aehnlichkeit mit dem gewöhnlichen Sehen, als die Untersuchung durchsichtiger Körper im durchgehenden Lichte, namentlich wenn das Licht von der Seite und nicht gerade von oben mit dem *Lieberkühn*'schen Spiegel auf das Object geworfen wird. Bei der ersteren Beleuchtung werfen nämlich die Erhabenheiten einen ähnlichen Schatten, wie wir dieses bei den uns umgebenden Körpern zu sehen gewohnt sind, während bei der zweiten Beleuchtungsart jeder Schatten wegfällt. Die erste Beleuchtungsart wird daher leichter die wahre Form der Körper erkennen lassen, und es gibt nur einen Umstand, welcher einen unter dem Mikroskope liegenden opaken Körper anders erscheinen lässt, als bei der Betrachtung mit dem blosen Auge, nämlich

das Verhältniss, dass man mit dem Mikroskope nur die in einer Fläche liegenden Theile sieht, wesshalb es auch hier nöthig wird, um eine Vorstellung von den verschiedenen, am Körper vorspringenden Theilen zu erhalten, das Mikroskop bald tiefer, bald höher einzustellen. In manchen Fällen ist man bei mikroskopischer Beobachtung opaker Körper einer Täuschung in der Hinsicht ausgesetzt, dass man bei der Betrachtung ebener Körper, über deren Fläche einzelne Erhabenheiten vorspringen, oder in denen sich Vertiefungen finden, die Erhabenheiten für Vertiefungen hält und umgekehrt. Ich weiss von dieser Täuschung keine Erklärung zu geben. Sie tritt, wie ich glaube, besonders bei Betrachtung von matten Körpern ein, z. B. bei Betrachtung der Schrift von Gipsabgüssen von Münzen, wogegen ich sie bei Betrachtung von frisch geschlagenen, glänzenden Münzen niemahls sah. Auffallend ist hiebei, dass man bei derselben Beleuchtung die gleiche Stelle bald vertieft, bald erhaben zu sehen glaubt. So betrachtete ich z. B. gerade, ehe ich diese Zeilen niederschrieb, einen aus Ebenholz verfertigten Objectenschieber, in welchen Nummern eingeschlagen sind, die also vertieft sind. Diese Zahlen sah ich bald als Erhabenheiten, bald als Vertiefungen; wenn ich sie der Reihe nach durch das Gesichtsfeld des Mikroskopes führte, erschien die eine Zahl als erhaben, die nächste vielleicht vertieft und zwar auf die Weise, dass die gleiche Zahl, z. B. 7, bei Wiederholung des Versuches sich nicht immer auf die gleiche Weise zeigte. Dabei war es vollkommen gleichgültig, von welcher Seite ich das Licht einfallen liess. Da ich diese Erscheinung niemahls beim Gebrauche von Lupen oder Dublets beobachtete, so glaubte ich früher, sie hänge damit zusammen, dass das Mikroskop ein verkehrtes Bild gebe, und dass wir desshalb eine erhabene Stelle scheinbar von der vom Fenster abgewendeten Seite her beleuchtet sehen, also auf dieselbe Weise, wie wenn dieselbe vertieft wäre. Es kann aber der Grund der Täuschung nicht hierin liegen, denn ein pankratisches Mikroskop, welches ein aufrechtes Bild gibt,

zeigt die Erscheinung gerade auf dieselbe Weise, wie das gewöhnliche Mikroskop. Diese Täuschung kann übrigens nur dann eintreten, wenn die Erhabenheiten oder Vertiefungen sehr flach sind und desshalb mit der ebenen Fläche zugleich gesehen werden; wenn sie dagegen bedeutendere Vorsprünge oder Versenkungen bilden und desshalb eine andere Einstellung des Mikroskopes nöthig ist, um die verschiedenen Theile des Objectes nach einander in den Focus zu bringen, so ist durch diese Bewegung des Mikroskopes das Mittel gegeben, sich vor jener Täuschung zu bewahren.

Bei dieser Gelegenheit ist es vielleicht nicht unpassend, auch über andere Täuschungen, welchen mikroskopische Beobachter unterworfen sein können, einige Worte beizufügen. Ich halte es jedoch für überflüssig, nach dem Vorgange anderer Mikrographen solche Täuschungen anzuführen, welche nicht im Instrumente oder im Auge des Beobachters begründet sind, sondern auf bloser Unachtsamkeit und leichtsinniger Oberflächlichkeit desselben beruhen. Es gibt leider unter den Naturhistorikern so manchen, der zu jeder reinen und scharfen Beobachtung und damit zu jeder selbstständigen Forschung gänzlich unfähig ist, weil er auf eine flüchtige und halbe Beobachtung hin schnellfertig sein Urtheil fällt. Für solche ist allerdings das Mikroskop ein gefährliches Instrument, denn wie soll Jemand, der von den fünf Sinnen, die ihm Mutter Natur mitgab, nur einen halben Gebrauch zu machen gewohnt ist, sich mit Hülfe des Mikroskopes in einer neuen Welt zurecht finden, welche nur durch eine von der gewöhnlichen gänzlich abweichende Art zu sehen zugänglich ist und bei deren Erforschung alle andern Sinne und alle bisherigen Erfahrungen keine Unterstützung zu leisten vermögen. Solchen Menschen begegnet es allerdings, besonders wenn sie mit einer lebhaften Phantasie begabt sind, dass sie mit jedem Blick ins Mikroskop einen Missgriff machen, dass sie z. B. an Oscilla-

torien einen thierischen Kopf sehen und uns mit Entdeckungen beschenken, die an Wunderlichkeit mit den selenographischen Arbeiten *Gruithuisen's* keck in die Schranken treten können. Solche Leute könnten vielleicht ganz brauchbare Juristen oder Philologen geworden sein, zu Naturhistorikern sind sie dagegen vornherein verdorben, und es hiesse leeres Stroh dreschen, sie über Täuschungen, denen sie beim Gebrauche des Mikroskopes ausgesetzt sein könnten, belehren zu wollen.

Beinahe die einzige Erscheinung, welche auf die Sicherheit der mikroskopischen Beobachtung einen wirklich störenden Einfluss ausüben und bei Untersuchung organischer Körper zu bedeutender Täuschung Veranlassung geben kann, hängt von der Beugung ab, welche das Licht an den Rändern des Objectes und seiner einzelnen Theile erfährt. In Folge dieser Ablenkung der Lichtstrahlen von ihrem geraden Wege und der dabei stattfindenden Interferenz derselben bilden sich bekanntlich längs der Ränder des von einem Gegenstande geworfenen Schattens und zwar sowohl ausserhalb als innerhalb der Grenze des Schattens abwechselnde hellere und dunklere Streifen, welche bei intensiver Beleuchtung prismatische Farben zeigen. Diese Erscheinung tritt uns bei mikroskopischen Beobachtungen, wenn stärkere Vergrösserungen gebraucht werden, in einem oft sehr störenden Grade entgegen, weniger bei der ohnehin für mikroskopische Untersuchungen unwichtigeren Betrachtung opaker Körper, als bei der Untersuchung durchscheinender Körper im durchgehenden Lichte. Eine nur geringe Störung, welche nicht leicht zu einer falschen Vorstellung Veranlassung geben kann, verursacht dieselbe bei Betrachtung von ziemlich dunkeln Körpern, indem hier die innerhalb des dunkeln Bildes fallenden Säume nicht zu Gesichte kommen und nur ein längs des Umrisses des Körpers im hellen Gesichtsfelde des Mikroskopes verlaufender heller Saum gesehen wird, von dem leicht zu erkennen ist, dass er nicht einen dem Körper wirklich angehörenden Theil bezeichnet. Ganz

anders verhält es sich dagegen bei Untersuchung sehr durchsichtiger, halb schleimiger Objecte, namentlich wenn Canäle, die als dunkle Linien erscheinen, oder Aushöhlungen, die einen scharfen Umriss haben, sich in denselben finden. In diesen Fällen sieht man einen Lichtsaum und eine denselben begrenzende dunkle Linie über die Substanz des Körpers parallel mit seinen Umrissen verlaufen. Hier ist die höchste Vorsicht nöthig, um sich nicht täuschen zu lassen, denn man kommt gar leicht auf den Glauben, in diesen Fällen eine den Körper von aussen umgebende, oder eine seine Canäle und Höhlungen auskleidende Membran zu sehen. Man kann sich in solchen Fällen den *Goring*'schen Satz: „we should suspect rather than believe" nicht genug gesagt sein lassen, und niemahls an die Anwesenheit einer solchen Membran glauben, als wenn man sie durch alle Modificationen der Beleuchtung verfolgt hat, sie von der übrigen Substanz lostrennen oder durch Einwirkung von Reagentien, welche auf sie und ihre Unterlage verschieden einwirken, als eine besondere und nicht als eine blos scheinbare Schichte nachweisen kann. Nichtbeachtung dieser Verhältnisse ist ohne Zweifel Ursache von vielen haltlosen Theorien, welche in der neueren Zeit über Zellenbildung organischer Körper aufgestellt wurden.

Vom *Dujardin*'schen Beleuchtungsapparat (p. 140) wird häufig gerühmt, dass er diese Erscheinungen der Beugung verhindere, indem er das zur Beleuchtung dienende Licht in der Fläche des Objectes zu einem Focus sammle und der Körper dem Auge mittelst gleichsam von ihm ausgehender Lichtstrahlen sichtbar werde. Leider kann ich für diese Tugend des genannten Beleuchtungsapparates kein Zeugniss ablegen, denn alle meine Bemühungen mittelst desselben das mikroskopische Bild von seinen Lichtsäumen zu befreien, waren rein vergeblich, wenn ich gleich zugeben muss, dass dieser Apparat bei schwierigen Untersuchungen ein schärferes Bild, als die übrigen Beleuchtungsapparate, gibt und desshalb sehr zu empfehlen ist.

Bei der hellen Beleuchtung, wie sie das directe Sonnenlicht gibt, zeigen sich die Beugungserscheinungen in einem noch weit schlimmeren Grade, indem die Lichtsäume nicht blos an jeder kleinen Ungleichheit des Objectes auftreten, sondern auch intensiv gefärbt sind, wesshalb diese Beleuchtung unter allen Umständen zu verwerfen ist.

Manche Mikrographen suchen im Zustande des Auges eine Menge Ursachen von Täuschungen; ich glaube mit Unrecht. Am häufigsten wird es wohl vorkommen, dass die sogenannten Mouches volantes störend einwirken, um so mehr, da anhaltende mikroskopische Beobachtungen (wenigstens bei mir) zur Vermehrung derselben Veranlassung geben. Dieselben sind in manchen Fällen sehr lästig, allein wie sie eine falsche Vorstellung vom Bilde sollen erzeugen können, sehe ich nicht ein, da sie mit der Bewegung des Auges sich bewegen und das Bild stehen bleibt.

Einen besondern Werth, nicht wegen einer durch dieselbe veranlassten Täuschung, sondern wegen einer Verschlechterung des Bildes legt *Brewster* (treat. on the microsc. 165.) auf den Zustand der die Cornea befeuchtenden Flüssigkeit, indem sie, wenn sie zähe sei und durch die Bewegung des Augenliedes über die Cornea verbreitet werde, nicht sogleich die leztere in einem ebenen und glatten Zustande zurücklasse und das genaue Sehen störe. Er gibt den Rath, in einem solchen Falle das Auge dem Dampfe von einem auf siedendes Wasser gebrachten Tropfen Ammoniak auszusetzen, damit die zähe Flüssigkeit durch die reichlicher fliessenden Thränen von der Cornea abgewaschen werde. Eine andere Störung entsteht nach *Brewster* durch diese Flüssigkeit in Folge davon, dass sie der Schwere folgend in senkrechter Richtung über die Cornea abwärts fliesst und auf diese Weise feine erhabene Streifen bildet, welche das scharfe Sehen von horizontalen Linien hindern, das von senkrechten Linien dagegen eher verbessern. Er gibt desshalb den Rath,

wenn man bei senkrechter oder schiefer Lage des Kopfes durch das Mikroskop gestreifte Objecte betrachte, dieselben so zu legen, dass die Streifen senkrecht erscheinen. In wie weit durch den angegebenen Zustand des Auges das Sehen beeinträchtigt wird und jene Vorschläge *Brewster's* praktisch sind, kann ich nicht beurtheilen, indem mir meine Augen niemahls Gelegenheit gegeben haben, solche Erfahrungen selbst zu machen.

Die mikrometrische Messung.

In sehr vielen Fällen tritt das Bedürfniss ein, die Grösse der durchs Mikroskop untersuchten Körper genau zu messen. Die zu diesem Zwecke dienenden Vorrichtungen werden Mikrometer genannt. Die Genauigkeit, welche bei diesen durch das mikroskopische Sehen vermittelten Messungen erreichbar ist, nimmt natürlicherweise mit der Stärke der angewendeten Vergrösserung zu, sie erreicht jedoch auch bei Anwendung der stärksten Mikroskope niemahls jenen hohen Grad, welcher bei der Messung grösserer und fester Körper durch mechanische Mittel erreichbar ist. Der Grund liegt theils darin, dass mit der steigenden Vergrösserung die Umrisse des mikroskopischen Bildes an Schärfe verlieren und dadurch eine Unsicherheit in dem genauen Aneinanderlegen der Ränder des mikroskopischen Bildes und des Messapparates veranlasst wird, eine Unsicherheit, welche noch bei manchen Messungsmethoden durch Lichtbeugungserscheinungen bedeutend vermehrt wird, theils darin dass überhaupt durch unsere Mikroskope so geringe Grössen, wie sie bei festen Körpern durch Hülfe von Wasserwagen, Fühlhebeln u. drgl. erkannt werden können, nicht mehr sichtbar zu machen sind.

Viele der in Gebrauch gekommenen mikrometrischen Messungsmethoden sind weit entfernt, sich der äussersten dem mikroskopischen Sehen noch zugänglichen Genauigkeitsgrenze auch nur entfernt zu nähern, haben dagegen den Vortheil leicht und schnell anwendbar zu sein. Diejenigen Mikrographen, welche

sich auf die Anwendung solcher Methoden beschränken, führen zu Gunsten ihres Verfahrens an, dass eine sehr weit gehende Genauigkeit bei den meisten mikrometrischen Messungen überhaupt nicht nöthig sei, da es sich meistens um Grössenbestimmung organischer Gebilde handle, deren Dimensionen so grossen Schwankungen unterworfen seien, dass die in den Messungsmethoden begründete Unsicherheit gegen dieselben als unbedeutend erscheinen müsse. Es ist dieses allerdings für eine grosse Zahl von Fällen zuzugeben, allein hiemit ist die Entbehrlichkeit von Messungsmethoden und Apparaten, welche eine nur durch die Grenzen des mikroskopischen Sehens beschränkte Genauigkeit gewähren, noch nicht bewiesen. Es ist allerdings vollkommen gleichgültig, ob man den Durchmesser eines grösseren organischen Gebildes z. B. eines Pollenkornes auf $\frac{1}{1000}$ Millimeter richtig misst, oder nicht und es tritt hiebei derselbe Fall ein, wie bei der Messung eines Menschen, bei welchem es auch keinen Zweck hätte, einen Messapparat anzuwenden, welcher eine bis auf Hundertel einer Linie genaue Grössenbestimmung erlaubt; allein je ausgedehntere Anwendung die mikrometrischen Messungen finden, desto häufiger kommen die Fälle vor, in welchen eine möglichst weit gehende Genauigkeit Bedürfniss wird, indem nicht selten mikrometrische Messungen die Basis wichtiger physiologischer Gesetze bilden. So haben z. B. *Harting* und ich durch die Messung der Grösse der Holzzellen, der Dicke ihrer Wandungen, des Durchmessers ihrer Höhlung und der Veränderung dieser verschiedenen Dimensionen in den verschiedenen Lebensperioden der Zelle die Lehre von der Reihenfolge, in welcher die Ablagerung der neugebildeten Schichten auf der Zellwandung erfolgt und die Lehre vom Dickewachsthum des Holzes der Dicotylen fester als bisher zu begründen gesucht. In allen solchen Fällen handelt es sich freilich nicht um absolute Genauigkeit der einzelnen Messung (eine solche ist überhaupt und unter allen Umständen eine Unmöglichkeit) sondern um eine aus einer Reihe von Messungen

abzuleitende Mittelzahl; in solchen Fällen, in welchen wichtige Gesetze von der Grösse der erhaltenen Mittelzahl abhängen, muss man um ein der Wahrheit sich hinreichend annäherndes Resultat zu erhalten, schon bei jeder einzelnen Messung die höchste zu erreichende Genauigkeit zu erlangen suchen, um den wahrscheinlichen Fehler des Gesammtresultates auf eine unbedeutende Grösse herabzubringen. Wo es sich um grosse Genauigkeit handelt, bin ich gewöhnt, auch mit dem besten Messapparate nicht unter 10 Messungen zu machen und aus diesen das Mittel zu ziehen.

Das einfache Mikroskop eignet sich zu mikrometrischen Messungen weit weniger, als das zusammengesetzte, wesshalb ich die Messungsmethoden, bei welchen jenes angewendet wird, nur kurz andeuten werde.

Die am frühesten angewendete Methode bestand darin, mit dem Objecte kleine Körper von bekanntem Durchmesser (z. B. nach *Jurin* kleine Drahtstückchen) unter das Mikroskop zu bringen und den Durchmesser der ersteren, mit dem der letzteren zu vergleichen. Diese Methode, welche nur eine sehr oberflächliche Schätzung zulässt, ist natürlicherweise ganz ungeeignet, ein auch nur einigermassen zuverlässiges Resultat zu gewähren; ich halte es daher auch für gänzlich überflüssig, die von *Brewster* (treat. on the microsc. 125) vorgeschlagene Liste von solchen Vergleichungsobjecten (Wollhaare, Sporen von Lycopodium u. dgl.) mitzutheilen, um so mehr, da solche organische Körper als Maassstab völlig unbrauchbar sind, da sie selbst keine constante Grösse besitzen.

Ein weit genaueres Resultat erhält man, wenn man das Object auf einen Glasmikrometer auflegt und durch das Mikroskop abzählt, wie vielen Abtheilungen und Bruchtheilen derselben das Object entspricht. Diese Methode ist, wenn es sich um sehr kleine Objecte z. B. kleine Kügelchen, die in einer Flüssigkeit schwimmen und die bei ihrer geringen Dicke zugleich mit den Strichen des Mikrometers gesehen werden können, gar nicht zu

verachten, namentlich in dem Falle, wenn dieselben so klein sind, dass sie eine Molecülarbewegung zeigen, in welchem Falle die meisten übrigen Messungsmethoden gar keine Anwendung finden können, indem sie eine feste Lage des Objectes voraussetzen. Die Genauigkeit dieser Messungsmethode geht ziemlich weit; da nämlich Glasmikrometer eine ziemlich feine Theilung z. B. in fünfhundertel Millimeter zulassen und man noch die Hälfte oder ein Drittheil dieser Grösse schätzen kann, so kann man noch mit erträglicher Sicherheit auf $\frac{1}{1000}$ Millimeter messen. Hat dagegen das Object eine nur etwas bedeutende Dicke, so kann dasselbe mit einem einfachen Mikroskope von kurzer Brennweite nicht mehr zugleich mit der Theilung des Mikrometers scharf gesehen werden und man ist genöthigt, schwache Linsen und weniger fein getheilte Mikrometer zu gebrauchen, wobei natürlicherweise die Genauigkeit der Messung sehr bedeutend abnimmt.

Eine weit bessere, aber mit Anstrengung des Auges verbundene Anwendung des Glasmikrometers beruht darauf, dass man denselben als Object benützt und während man ihn durch das Mikroskop mit dem einen Auge betrachtet, mit dem andern Auge einen beliebigen, neben dem Mikroskope liegenden Maassstab ins Auge fasst. Man erwirbt sich bald die Fertigkeit, die mit beiden Augen gesehenen Bilder zu gleicher Zeit und scheinbar über einanderliegend zu sehen und kann nun durch Abzählung der Striche des Glasmikrometers auf dem Maassstabe bestimmen, wie viele Zolle und Linien des Maassstabes einer bestimmten, durch das Mikroskop gesehenen Grösse entsprechen. Wenn man alsdann statt des Mikrometers das zu messende Object unter das Mikroskop legt und das Bild desselben auf den Maassstab projicirt, so kann man mit Hülfe der vorher vorgenommenen Bestimmung des Werthes der Abtheilungen des Maassstabes den Durchmesser des Objectes ausmitteln.

Da diese Methode des Doppeltsehens immer mit Schwierigkeiten verbunden ist und, wenn sie genau ausgeführt werden soll,

viele Sorgfalt und Uebung erfordert, und da eine Verschiebung des Bildes auf dem Maassstabe in Folge einer Bewegung der Augen grosse Fehler veranlasst, so hat die Methode, nach welcher man durch dasselbe Auge zu gleicher Zeit das vergrösserte Object und die als Maassstab dienende Scale sieht, bedeutende Vorzüge. Zu diesem Behufe gab *Wollaston* (philos. trans. 1813. 119. *Brewster*, treat. on the micr. 127) ein scharfsinnig ausgedachtes Instrument an. Dasselbe beruht auf der Anwendung einer Vergrösserungslinse von sehr geringem Durchmesser, in deren Fassung in so geringer Entfernung vom Centrum der Linse eine kleine Oeffnung gebohrt ist, dass das Auge zu gleicher Zeit durch die Linse auf das Object und durch die Oeffnung der Fassung auf eine hinter dem Objecte liegende Scale sehen kann, wobei natürlicherweise im Auge das Bild des Objectes und der Scale übereinanderfallen. Die Einrichtung, welche *Wollaston* dem Instrumente gab, war folgende. Die Vergrösserungslinse hatte etwa $^1/_{12}$'' Brennweite. Die Oeffnung in ihrer Fassung stand vom Centrum der Linse etwa $^1/_{25}$'' ab. Die Linse wurde in das eine Ende a einer Metallröhre eingesetzt, die nach Art eines Zugfernrohrs aus drei, sich in einander schiebenden Stücken bestand (Tab. V. fig. 6). In das entgegengesetzte Ende der Röhre war die Scale (Tab. V. fig. 7) eingesetzt, welche aus parallelen Drähten von etwa $^1/_{40}$'' Durchmesser bestand, deren Enden im Querdurchmesser der Röhre so angeordnet waren, dass sie stufenweise in der Art vorstanden, dass immer 5 neben einander liegende Drähte die Form eines Sägezahnes bildeten und der 10te weiter als die übrigen vorstand. Unter der Linse befand sich ein Schieber b zur Aufnahme der Objecte. Vor dem Gebrauche des Instrumentes muss der Werth, welchen die durch die Dicke der Dräthe angegebenen Abtheilungen der Scale bei einer gewissen Länge der Röhre besitzen, mit Genauigkeit ausgemittelt werden, was dadurch geschieht, dass ein Gegenstand von bestimmtem Durchmesser unter die Linse gebracht und die Röhre so lange ausgezogen

wird, bis das vergrösserte Bild genau eine gewisse Zahl der Scalenabtheilungen deckt, worauf nun an der äussern Seite der Röhre die Stelle, bis zu welcher sie ausgezogen wurde, durch eine einzugravirende Linie für immer bezeichnet wird. Auf diese Weise mittelte *Wollaston* bei seinem Instrumente aus, dass eine Abtheilung der Scale $\frac{1}{10000}$'' entsprach, wenn sie 16,6 Zoll von der Linse abstand, sie entsprach daher bei einem Abstande von 8,3 Zoll $\frac{1}{5000}$'' und es konnten die dazwischen fallenden Brüche von $\frac{1}{6000}$, $\frac{1}{7000}$ u. s. w. durch Auftragen von Intervallen von 1,66 Zollen auf der äussern Seite der Röhre bestimmt werden. Als Object verwendete *Wollaston* einen Draht von reinem Golde, dessen Durchmesser er aus dem Gewichte einer bestimmten Länge des Drahtes und dem specifischen Gewichte des Goldes berechnete. *Wollaston* gibt den Rath, beim Gebrauche des Instrumentes dasselbe immer so weit auszuziehen, bis das Bild mit einer bestimmten Zahl von Scalenabtheilungen zusammenfalle, indem es immer leichter sei, sich vom genauen Uebereinanderfallen der Bilder und der Scalenabtheilungen zu überzeugen, als Bruchtheile der letzteren zu bestimmen. Er fügt bei, dass die geringste Grösse, welche die Graduation des Instrumentes angebe, kleiner sei, als die durchs Auge beim Ein- und Ausziehen der Röhre zu bestimmende Grösse. Wenn z. B. das Object genau $\frac{1}{9900}$'' messe, so könne es $\frac{1}{10000}$'' oder $\frac{1}{9800}$'' gross erscheinen, in welchem Falle man über $^1/_{50}$ der ganzen Grösse zweifelhaft bleibe; diese Differenz sei aber in Vergleichung mit der äussersten Theilung anderer Instrumente, deren Nominaleffect gleich sei, sehr gering. Es könne ein im Ocular eines zusammengesetzten Mikroskopes liegender Mikrometer $\frac{1}{10000}$'' angeben, allein es betrage bei demselben die nächste Abtheilung $\frac{2}{10000}$ oder $\frac{1}{5000}$'', und obgleich das Auge erkennen könne, dass die Wahrheit in der Mitte zwischen diesen beiden Zahlen liege, so gebe doch das Instrument innerhalb der Hälfte der grösseren Abtheilung kein Maass an. Diese Betrachtung ist unstreitig richtig; dennoch spricht sie nicht so unbedingt, als

Wollaston glaubt, zu Gunsten seines Instrumentes und gegen die Anwendung von Glasmikrometern beim zusammengesetzten Mikroskope. Einmahl stehen die optischen Leistungen der von *Wollaston* verwendeten Linse von $^1/_{12}''$ Focus und ebenso die von weit stärkeren Linsen, welche man etwa derselben substituiren könnte, weit unter den Leistungen des zusammengesetzten Mikroskopes und es ist eine solche Linse ganz untauglich, um bei einer Menge von Objecten einzelne Theile, welche mikrometrisch gemessen werden sollen, auch nur erkennen zu lassen, wesshalb dieses Instrument ungeachtet seiner scheinbaren Genauigkeit für eine Menge von Fällen gänzlich unbrauchbar ist. Zweitens zweifle ich sehr, ob sich die Scale nach der von *Wollaston* angegebenen Methode mit der nöthigen Genauigkeit ausführen lässt, indem man kein Mittel hat, sich von der völlig gleichmässigen Entfernung der Drähte von einander vollkommen zu überzeugen. Ein hierin begangener Fehler macht allerdings im Resultate der Messung sehr wenig aus, er mag aber doch leicht grösser sein, als die bei guten Glasmikrometern vorkommenden Fehler. Drittens lässt sich der Vortheil, welchen *Wollaston* durchs Ausziehen der Röhren und durch das dadurch bewirkte Uebereinanderfallen des mikroskopischen Bildes mit einer bestimmten Zahl der Scalenabtheilungen erhält, auch bei dem ins Ocular eines zusammengesetzten Mikroskopes eingelegten Glasmikrometer erlangen, wenn man die Röhre des Mikroskopes zum Ausziehen einrichtet. Wenn man hienach auch den Werth dieses Mikrometers niederer, als es von seinem Erfinder geschehen ist, anschlagen muss, so muss doch jedenfalls zugegeben werden, dass sich in demselben der gleiche erfinderische Scharfsinn ausspricht, wie in allen andern von diesem begabten Manne angegebenen Instrumenten.

Einen Mikrometer von sehr eigenthümlicher Einrichtung, welcher ebensowohl bei dem einfachen, als zusammengesetzten Mikroskope anwendbar ist, beschrieb Dr. *Goring* (micrograph. 52).

Er besteht aus einer 6″ langen, 1″ weiten Röhre, an deren unterem Ende ein auf Perlmutter getheilter oder aus Haaren bestehender Mikrometer angebracht ist, und in deren oberem Ende eine verschiebbare achromatische Linse von ½″ Focus und ¼″ Durchmesser sich befindet. Diese soll für parallele Strahlen berechnet sein; ist man nicht im Besitze einer solchen, so kann man ein Mikroskopobjectiv anwenden, welches mit der convexen Seite gegen den Mikrometer gewendet wird. Diese Röhre wird unter den Objecttisch angeschraubt und die Linse so lange verschoben, bis das Bild des Mikrometers mit dem Bilde des Objectes zu gleicher Zeit scharf gesehen wird. Der Werth der Abtheilungen dieses mikroskopischen Mikrometerbildes wird mittelst eines andern Mikrometers, der als Object gebraucht wird, bestimmt. Das Zusammentreffen der Linien des Bildes mit denen des Mikrometers kann durch Verkürzung und Verlängerung der Röhre, an deren unterem Ende der Perlmuttermikrometer sich befindet, bewirkt werden. Den Werth dieses Mikrometers bin ich nicht geneigt, sehr hoch anzuschlagen. Zu seinen Gunsten kann allerdings angeführt werden, dass er nicht nur beim zusammengesetzten, sondern auch beim einfachen Mikroskope, bei welchem genaue Messapparate so schwer anzubringen sind, Anwendung finden kann, dagegen leidet er nach meiner Ansicht an zwei Fehlern, welche seinen Werth ausserordentlich vermindern. Einmahl verlaufen die Linien desselben unter dem Objecte und können nur bei ziemlich durchsichtigen Objecten als Streifen, die durch das Bild des Objectes durchlaufen, gesehen werden, verschwinden dagegen im Bilde wenig durchsichtiger Objecte völlig; es taugt daher dieser Mikrometer zur Messung einzelner Theile eines zusammengesetzten Objectes nicht besonders gut. Zweitens werden die Linien des Mikrometers nicht mit der nöthigen Schärfe gesehen, um bei der Messung eine grosse Genauigkeit zuzulassen, wenigstens war das der Fall, als ich mir versuchsweise einen solchen Apparat construirte, bei welchem ich mich zur Entwerfung des Mikrometer-

bildes sowohl des *Dujardin*'schen Apparates, als auch *Fraunhofer*'scher Mikroskopobjective bediente.

Die beim zusammengesetzten Mikroskope gebrauchten Mikrometer beruhen auf sehr verschiedenen Principien.

Die schärfste Messung würde man ohne Zweifel durch solche Vorrichtungen erhalten, durch welche das durch das Mikroskop gesehene Bild des Objectes auf analoge Weise, wie bei dem Heliometer, in zwei verschiebbare Bilder getrennt werden könnte, und durch welche man die Verschiebung vom völligen Uebereinanderfallen beider Bilder bis zur Berührung ihrer Ränder messen würde. Eine solche Vorrichtung besitzt der *Dollond*'sche Wollenmesser; bei Mikroskopen, welche zu wissenschaftlichen Untersuchungen bestimmt sind, habe ich sie noch nie getroffen, und meinen Versuchen zu Folge, welche ich mit einem *Dollond*'schen, an meinem Mikroskop befestigten Apparate anstellte, sind sie leider nur zu Messung weniger Objecte tauglich, nämlich nur zur Messung isolirter Gegenstände. Die getrennten Bilder von einzelnen Körpern sieht man hinreichend scharf auf dem gleichförmig beleuchteten Gesichtsfelde des Mikroskops, um mit aller nur wünschbaren Genauigkeit ihre Ränder in Berührung bringen zu können. Um den Durchmesser von isolirten Fasern, Körnchen u. dgl. in voller Schärfe zu messen, wären Vorrichtungen dieser Art wohl allen andern vorzuziehen. Wo man dagegen den Durchmesser einzelner Theile eines zusammenhängenden Ganzen bestimmen will, z. B. den Durchmesser von Gefässen auf dem Längenschnitte eines Stammes, so sind diese Apparate völlig unbrauchbar, indem durch das Uebereinanderschieben der verschiedenen Theile des ausgedehnten Bildes jedes deutliche Sehen unmöglich wird.

Der Hauptvorzug, welchen die auf der Trennung des Bildes beruhenden Mikrometer vor allen andern noch anzuführenden besitzen, beruht darauf, dass die Ränder des getrennten Bildes mit einander in Berührung gebracht werden können, ohne dass

eine durch Lichtbeugung veranlasste Unsicherheit stattfindet. Ein zweiter wesentlicher Vortheil, auf welchen *Steinheil* (Münchner gelehrte Anzeigen V. 1027) aufmerksam machte, besteht darin, dass dieser Mikrometer und zwar er allein uns in den Stand setzt, Körper die in Bewegung sind z. B. Infusionsthiere, genau zu messen, indem bei Instrumenten dieser Art die Bewegung des mikroskopischen Bildes oder vielmehr der beiden getrennten Bilder, welche eine gemeinschaftliche Bewegung haben, uns nicht hindern würde, die Einstellung so genau, wie bei einem ruhigen Bilde vorzunehmen.

Die Ausführung dieses Mikrometers kann auf verschiedene Weise geschehen.

Es wird eine Linse von grosser (gleichgültig ob von positiver oder negativer) Brennweite, welche in der Mitte zerschnitten ist, rechtwinklig auf die Achse des Mikroskopes zwischen dem Objective und dem Objecte, oder im Innern der Röhre zwischen dem Objective und dem Oculare angebracht. Durch Verschiebung der beiden Hälften des Glases wird die Trennung der Bilder bewirkt und die Grösse der Verschiebung durch eine an der Fassung des Glases angebrachte Scale, oder besser durch eine Mikrometerschraube bestimmt. *Dollond* brachte bei seinem Wollenmesser die (concave) Linse vor dem Objective an; dieses wäre beim Gebrauche starker Objective aus Mangel an Raum unzulässig; es wäre daher besser, die Linse im Innern des Instrumentes anzubringen.

Eine andere Art, denselben Zweck zu erreichen, welche aber meines Wissens noch nicht praktisch ausgeführt wurde und deren erste Idee man, so viel mir bekannt ist, *Clausen* (welcher schon vor etwa 16 Jahren mit mir über diesen Mikrometer sprach) verdankt, besteht in der Anbringung eines zerschnittenen Planglases im Innern der Mikroskopröhre, dessen beide Hälften um eine horizontale, senkrecht auf die Schnittfläche gerichtete Achse drehbar sind. Die Drehung der einen Hälfte

des Glases würde eine Ablenkung der durch diese Glashälfte zum Oculare gehenden Lichtstrahlen bewirken, welche desto stärker wäre, je dicker die angewendete Glasplatte wäre. Der Winkel, um welchen die eine Hälfte des Glases gegen die andere gedreht würde, müsste an einem Kreise abgelesen werden. In wie ferne diese Vorrichtung der vorhin beschriebenen gleichgesetzt werden muss, oder bestimmte Vorzüge oder Nachtheile gegen dieselbe hat, muss erst die Erfahrung nachweisen.

Der Einzige, welcher bis jetzt die Genauigkeit der mit einem *Dollond*'schen Wollenmesser angestellten mikrometrischen Messungen geprüft hat, ist *Harting* (recherch. micrométriques. 32); nach dieser Prüfung würde die mit diesem Instrumente zu erreichende Genauigkeit eine sehr mässige sein, indem bei der Messung eines einen halben Millimeter langen Stückes eines Glasmikrometers der wahrscheinliche Fehler des Mittels aus 10 Messungen $\frac{1}{2030}$ Millim., der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Messungen $\frac{1}{148}$ Millimeter und die grösste Differenz der Messungen $\frac{1}{196}$ Millim. betrug, während die entsprechenden Zahlen bei der Messung des gleichen Gegenstandes mit dem Schraubenmikrometer nur $\frac{1}{4850}$, $\frac{1}{1502}$ und $\frac{1}{300}$ betrugen. Dieser geringere Grad von Genauigkeit ist jedoch wahrscheinlicherweise nicht in der Messungsmethode, sondern in der unvollkommenen Beschaffenheit des *Dollond*'schen Wollenmessers begründet, welcher (wenigstens das von mir benützte Exemplar) ein nicht achromatisches Objectiv besitzt und desshalb ungeachtet seiner schwachen Vergrösserung kein scharf begrenztes Bild gibt und dessen mikrometrischer Apparat auch nicht mit der Sorgfalt gearbeitet ist, mit welcher ein zu genauen Messungen tauglicher Apparat ausgeführt sein muss. Das ungünstige Resultat dieser Probemessungen kann daher nichts gegen das dem angeführten Mikrometer zu Grunde liegende Princip beweisen.

Eine zweite, sehr häufig angewendete Methode der Messung beruht auf der Anwendung des Glasmikrometers, welcher im

Grunde nichts anderes, als ein sehr fein getheilter Maassstab von Glas ist.

Ueber die Sicherheit, welche die Anwendung dieses Werkzeuges gewährt, sind die Ansichten sehr verschieden, so hat z. B. *Schleiden* (Grundzüge der wissensch. Botanik I. 132) mancherlei Einwendungen gegen dasselbe gemacht, nach welchen, wenn sie gegründet wären, dieses Instrument für ziemlich unbrauchbar erklärt werden müsste, während *Vogel* (Anleit. zum Gebrauch des Mikroskops) die Messungen mittelst desselben für eben so sicher, als die mittelst des Schraubenmikrometers hält. Hier liegt die Wahrheit in der Mitte.

Schleiden wendet gegen den Glasmikrometer ein, dass die mit dem Diamanten gezogenen Striche nicht gleichförmig, sondern ausgesprungen seien, wesshalb die Abtheilungen von ungleicher Breite werden. Das Aussplittern der Linien findet allerdings häufig statt, besonders wenn der Diamant den Strich mehr einschneidet, als ausschabt, es fehlt aber bei gut ausgefallenen Mikrometern gänzlich, oder ist auf so wenige Stellen beschränkt, dass es in der That als ein kaum zu beachtender Fehler erscheint. Weit wichtiger ist die Einwendung, dass auf die Glasmikrometer, da sie mit einer Schraubentheilmaschine verfertigt werden, alle Unvollkommenheiten der Schraube übergetragen seien, dass man daher bei ihrem Gebrauche nicht blos die Fehler erhalte, welche man in Folge der unvollkommenen Form ihrer Striche begehe, sondern noch dazu die Fehler der Theilungsmaschine. Hieran ist allerdings etwas Wahres, aber so schlimm, wie *Schleiden* die Sache darstellt, ist sie nicht entfernt. Die Glasmikrometer sind allerdings mittelst einer Mikrometerschraube getheilt, und es ist unbedingt zuzugeben, dass diese Schraube nicht vollkommen gleichförmig sein wird, allein diese Fehler sind höchst unbedeutend, denn die Theilungsmaschine eines guten mechanischen Institutes gehört zu den Werkzeugen, auf deren Verfertigung die grösste Sorgfalt verwendet wird, und wenn man eine solche, mit

Solidität gearbeitete Maschine mit einem Schraubenmikrometer, wie er an den Mikroskopen sich befindet, in Parallele stellt, so thut man ihr in der That Unrecht. Hiezu kommt noch, dass die Genauigkeit, mit welcher man mittelst einer Theilungsmaschine theilt, und die Genauigkeit, mit welcher man mittelst des Schraubenmikrometers misst, auch bei beiden Vorrichtungen die gleiche mechanische Vollendung vorausgesetzt, nicht mit einander zu vergleichen sind, indem es unendlich leichter ist, beim Einstellen der Theilungsmaschine der Schraube mittelst ihres getheilten Kreises die richtige Stellung zu geben, als bei der Messung mit dem Schraubenmikrometer den Spinnenfaden genau mit dem einen, und dann mit dem andern Rande des Bildes in Berührung zu bringen. Wir können uns unter diesen Umständen darüber, dass es möglich ist, die Glasmikrometer mit einer für die meisten mit denselben anzustellenden Messungen hinreichenden Genauigkeit zu verfertigen, vollkommen beruhigen, auch hat die Erfahrung diese Möglichkeit längst nachgewiesen, so war z. B. *Fraunhofer* sicher, dass bei den von ihm getheilten Mikrometern die Zwischenräume zwischen je 2 Linien nicht um $^1/_{100}$ ihrer eigenen Grösse verschieden waren. Ich fand auch bei wiederholten Messungen von *Fraunhofer*'schen und *Plössl*'schen Mikrometern mittelst des Schraubenmikrometers, dass dieselben mit vollkommen ausreichender Genauigkeit verfertigt waren; gleiches Lob kann ich einigen, von mir untersuchten *Oberhäuser*'schen nicht ertheilen.

Bei der Prüfung eines Glasmikrometers ist es jedoch nicht hinreichend, sich davon zu überzeugen, dass die Linien in gleichen Entfernungen von einander stehen, sondern man muss auch untersuchen, ob die Linien um die vom Mechaniker angegebene Weite von einander abstehen. In dieser Beziehung erlauben sich die Verfertiger gerne kleine Abweichungen, wenn ihre Theilmaschine auf eine bequemere Weise die Theilung nach einer der verlangten nahe stehenden Grösse zugibt.

In Hinsicht auf die Richtigkeit des Maasses, nach welchem

die Glasmikrometer von den Mechanikern getheilt werden, und auf die Gleichförmigkeit der Theilung hat *Harting* eine Vergleichung von Glasmikrometern vorgenommen, welche von *Oberhäuser*, *Chevalier*, *Dollond* und *Plössl* verfertigt waren (rech. micrométr. 4.), aus welcher leider hervorging, dass dieselben mit sehr wenig Zuverlässigkeit verfertigt waren, indem das Maass, nach welchem sie verfertigt waren, ungeachtet es nominell das gleiche war, sehr bedeutende Differenzen zeigte (so wie auch das Gleiche sich bei Vergleichung der von den Mechanikern angegebenen Grösse eines Schraubenumganges ihrer Schraubenmikrometer zeigte). Wie gross diese Differenzen sind, erhellt aus folgender Uebersicht der von *Harting* verglichenen Mikrometer, in welcher der relative Werth, den eine nominell gleiche Abtheilung derselben besitzt, angegeben ist.

Schraubenmikrometer von *Schiek*	1,000.
Glasmikrometer von *Oberhäuser*	1,024.
Schraubenmikrometer von *Powel*	1,032.
Glasmikrometer von *Chevalier*	1,034.
Glasmikrometer von *Dollond*	1,046.
Schraubenmikrometer von *Plössl*	1,057.
Glasmikrometer von *Plössl*	1,127.

Diese Uebersicht über die Differenzen in der Grösse der gebrauchten Maassstäbe wirft ein sehr betrübendes Licht auf die Zuverlässigkeit der meisten bisher publicirten mikrometrischen Messungen hinsichtlich der absoluten, durch dieselben erhaltenen Grössenbestimmungen, indem es den meisten Mikrographen nicht entfernt in den Sinn kam, ihre Mikrometer einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Es fragt sich nun, wie kann man bestimmen, ob ein Glasmikrometer nach dem Maasse, welches ihm zu Grunde gelegt ist, getheilt ist, oder ob und um wie viel seine Theilung von demselben abweicht. Hiefür weiss ich kein besseres Mittel, als genaue und wiederholte Messung desselben mittelst eines

Schraubenmikrometers, bei welchem man den Werth der Schraubenumgänge genau kennt.

Noch schlimmer steht es, den Messungen *Harting's* zu Folge, mit der Gleichförmigkeit der Theilung der von ihm untersuchten Glasmikrometer. Bei einem Mikrometer von *Oberhäuser* verglich *Harting* zwei Abtheilungen von 0,05 Millim., welche in Hinsicht auf ihre Grösse am verschiedensten waren; die Differenz betrug $^1/_{500}$ Millim. ($^1/_{25}$ der gemessenen Grösse). Bei einem Mikrometer von *Chevalier*, bei welchem je $^1/_{20}$ Millim. gemessen wurde, war die Abweichung ebensogross. Bei einem zweiten von *Chevalier* fand *Harting* die äusserste Differenz des mittleren Werthes von 0,01 Millim. zu $^1/_{1316}$ Millim, also zu $^1/_{13}$ der verglichenen Abtheilungen. Bei Vergleichung der beiden an den Enden der Scale gelegenen 0,05 Millim. grossen Abtheilungen zeigte sich eine Differenz von $^1/_{270}$ Millim. Bei einem in 500tel Zolle getheilter Mikrometer von *Dollond* betrug der Unterschied zwischen zwei gemessenen Abtheilungen $^1/_{143}$ Millim., was etwa $^1/_7$ von der Breite der Abtheilungen ausmacht. Bei einem in 100tel Millim. getheilten Mikrometer von *Plössl* stieg die Differenz auf $^1/_{10}$ der Grösse dieser Abtheilungen. Solche Ungenauigkeit in der Theilung, wie sie hier sich herausstellten, sind unverzeihlich; sie beruhen gewiss weniger auf Mangelhaftigkeit der verwendeten Theilmaschinen, als auf Nachlässigkeit. Absolute Richtigkeit der Theilung ist natürlicherweise eine völlige Unmöglichkeit, und es gehört allerdings grosse Aufmerksamkeit dazu, Fehler zu vermeiden, auch lässt sich, wenn ein Fehler in der Einstellung der Theilmaschine begangen wurde, derselbe nicht mehr verbessern, indem man die Mikrometerschraube derselben, wenn sie zu weit vorgeschraubt wurde, nicht mehr zurückdrehen darf; allein so grosse Fehler, wie sie die obigen Messungen zeigen, lassen sich vermeiden, und ein gewissenhafter Mechaniker sollte einen Mikrometer, bei dessen Theilung er solche Fehler begangen hat, wegwerfen. Zum Beweise, dass sich die Genauigkeit viel weiter

treiben lässt, will ich nur anführen, dass ich an einem von *Merz* verfertigten, in 50tel Linien getheilten Mikrometer drei Abtheilungen gemessen habe und dass der Unterschied der grössten und kleinsten Abtheilung $^1/_{5555}$ Millim. betrug.

Die Prüfung der Glasmikrometer auf Gleichförmigkeit ihrer Theilung wird am besten mittelst des Schraubenmikrometers vorgenommen. Die Methode von *Ettingshausen*, den Mikrometer unter dem zusammengesetzten Mikroskope zu verschieben und zu untersuchen, ob in das Gesichtsfeld des letzteren immer eine gleiche Anzahl von Abtheilungen des Mikrometers fällt, ist allerdings die weit kürzere und bequemere, aber zu genauer Untersuchung des Mikrometers nicht ausreichend; die Fehler müssten sehr gross sein, wenn sie auf diese Weise deutlich erkennbar wären.

Abgesehen von der Richtigkeit der Theilung hat man bei Glasmikrometern auch die Art, wie die Linien mit dem Diamanten eingeschnitten sind, zu beachten. Am gleichförmigsten werden dieselben, wenn der Diamantsplitter, mit welchem die Linien gezogen werden, sich nicht in eine vollkommen scharfe Spitze endigt, sondern ein mehr abgerundetes, aber scharf schneidendes Ende hat; in diesem Falle zieht der Diamant etwas breite, der Länge nach fein gestreifte und am Rande scharf begrenzte Linien, während er im ersteren Falle allerdings schmälere Linien zieht, die aber leicht am Rande aussplittern. Mikrometer mit solchen breiten Linien, wie sie z. B. *Plössl* sehr schön verfertigt, eignen sich vortrefflich, um ins Ocular eingelegt zu werden, indem sie hier nur durch die schwach vergrössernde Ocularlinse gesehen werden, ihre Striche daher noch hinreichend schmal erscheinen und doch deutlich sind. Bei sehr weitläufiger Theilung ziehe ich für diese Anwendung des Mikrometers wegen der Deutlichkeit, mit der die Striche gesehen werden, den mit dem Diamant geschnittenen solche vor, bei welchen die Linien mit Flusssäure eingeätzt sind. Wenn dagegen ein Mikrometer als Object

gebraucht und daher stark vergrössert gesehen wird, so können seine Linien nicht schmal genug sein. Man gibt häufig den Rath, um die Linien deutlich zu sehen, soll man fein gepulverten Graphit in dieselbe einreiben; ich finde dieses nicht praktisch und muss jedenfalls den Rath geben, dabei sehr vorsichtig zu sein, denn wenn man nach dem Rathe der englischen Mikrographen den Graphit mit einem Stückchen harten Holzes einzureiben sucht, so kann man den Mikrometer gründlich verderben.

Den Besitz gleichförmig getheilter und in Hinsicht auf den Werth ihrer Theilung untersuchter Glasmikrometer vorausgesetzt, so gibt es mehrere wesentlich verschiedene Methoden, um sie zur Messung zu verwenden.

Die einfachste besteht im Auflegen des Objectes auf den Mikrometer selbst, und gleichzeitige Betrachtung beider durch das Mikroskop. Da diese Methode bei Anwendung des zusammengesetzten Mikroskopes ganz dieselbe ist, wie beim Gebrauche des einfachen Mikroskopes, so verweise ich auf das oben über dieselbe Gesagte.

Die zweite Benützungsweise des Glasmikrometers beruht darauf, dass man denselben auf die Blendung des Oculares auflegt und den Werth seiner Theilung dadurch bestimmt, dass man, während der Mikrometer im Oculare liegt, einen zweiten Glasmikrometer von bekannter Eintheilung durch das Mikroskop betrachtet und abzählt, wie viele Striche des ersteren Mikrometers zwischen zwei oder mehrere des letzteren fallen. Wenn man nun, während der erstere Mikrometer im Oculare liegt, ein Object durch das Mikroskop betrachtet, so sieht man den durch den Mikrometer gebildeten Maassstab über dem mikroskopischen Bilde, und kann somit leicht die Grösse des Objectes bestimmen. Diese Methode scheint auf den ersten Anblick eine weit grössere Genauigkeit zuzulassen, als man bei der wirklichen Messung mit derselben erreicht. Man erhält nämlich bei der Anwendung von nicht sehr fein getheilten Mikrometern bereits sehr weit gehende

Theilungen; wenn ich z. B. in das Ocular 3 meines *Plössl*'schen Mikroskopes beim Gebrauche der Objective 4, 5 und 6 einen in 60tel Wiener Linien getheilten Mikrometer einlege, so entspricht der Zwischenraum zwischen zwei Mikrometerstrichen einem $^1/_{800}$ Millim. grossen Theile des Objectes. Da man nun gar wohl noch feiner getheilte Mikrometer anwenden kann, so könnte man vermuthen, dass die Messung mittelst dieser Methode eine noch viel weiter gehende Genauigkeit zulasse; allein bei der Ausführung von Messungen findet man allerlei Schwierigkeiten.

Der eine, besonders bei der Messung kleiner Objecte sehr störende Uebelstand ist der, dass durch die Striche des Ocularmikrometers die Schärfe und Deutlichkeit des mikroskopischen Bildes in hohem Grade getrübt wird, und dieses natürlicherweise desto mehr, je feiner der Mikrometer getheilt ist. Aus diesem Grunde sind auch die gitterartig getheilten Mikrometer den leiterförmigen nachzusetzen. Diese Undeutlichkeit des Bildes macht es schwierig, zu beurtheilen, ob der Rand des Bildes genau mit einem Mikrometerstriche in Berührung ist oder nicht, welche Unsicherheit noch dadurch vermehrt wird, dass die Diamantstriche auf den ins Ocular einzulegenden Mikrometern, um deutlich gesehen werden zu können, ziemlich stark sein müssen, und desshalb mit einer, ein genaues Einstellen störenden Breite gesehen werden.

Ein zweiter Uebelstand, welcher leicht bei nicht sehr durchsichtigen Objecten eintritt, ist der, dass man die Striche des Mikrometers nur mit Mühe, oder auch gar nicht mehr über dem Bilde des Objectes sieht. Man kann diesem am besten durch Anwendung stärkerer Oculare abhelfen, indem man durch diese die Mikrometerstriche deutlicher sieht, aber freilich mit Vermehrung der Undeutlichkeit des Bildes vom Objecte.

Ein dritter, übler Umstand ist der, dass man beinahe immer genöthigt ist, Bruchtheile einer Abtheilung des Mikrometers zu schätzen, da es ein seltener Zufall ist, wenn das Bild eine oder

mehrere ganze Abtheilungen des Mikrometers einnimmt. Eine solche Schätzung ist weit unsicherer, als man vermuthen sollte, und man begeht dabei weit grössere Fehler, als man anfänglich für möglich hält. Ich schätzte z. B., um durch eine genaue Messung die Schätzung controliren zu können, die Breite, welche die Striche eines 750 Millim. angebenden Mikrometers im Verhältnisse zu den Zwischenräumen zu haben schienen, und mass alsdann dieses Verhältniss mit dem Schraubenmikrometer; hierbei erstaunte ich nun nicht wenig, als ich $^1/_7$ erhielt, während ich sie zu $^1/_3$ bis $^1/_4$ geschätzt hatte, und dennoch hatte ich diese Schätzung unter verhältnissmässig günstigen Umständen vorgenommen, insofern der Mikrometer, indem er blos durch die Ocularlinse gesehen wird, weit schärfer gesehen wird, als das Bild des Objectes, bei welchem eine fehlerhafte Schätzung noch weit leichter eintritt. In Beziehung auf diesen Uebelstand habe ich jedoch schon oben (p. 284) bei Betrachtung des *Wollaston*'schen Mikrometers bemerkt, dass derselbe nicht nothwendigerweise mit der Anwendung des Glasmikrometers verbunden ist, sondern dass er sich vermeiden lässt, wenn man den Mikrometer in einem Mikroskope anbringt, dessen Röhre verlängert und verkürzt werden kann.

Ungeachtet aller dieser Uebelstände lassen sich durch diese Messungsmethode sehr brauchbare Resultate erhalten, wenn man nicht eine sehr weit gehende Genauigkeit verlangt und die zu messenden Gegenstände nicht eine zu geringe Grösse besitzen. Wendet man z. B. bei Messungen von Gegenständen, welche mehrere 100tel Linien im Durchmesser haben, wie von Pollenkörnern, grösseren Pflanzenzellen u. s. w., einen Mikrometer an, dessen Abtheilungen $^1/_{100}$ Linien entsprechen, so kann man mit hinreichender Sicherheit noch $^1/_{500}'''$ schätzen; wendet man bei kleineren Gegenständen feiner getheilte Mikrometer an, so kann man bis auf $^1/_{1000}'''$, selbst auf $^1/_{2000}'''$ direct messen und zur Noth,

aber doch nur bei sehr günstigen Objecten und mit grosser Unsicherheit, etwa noch die Hälfte dieser Grösse schätzen.

Harting bemerkt mit Recht, dass bei dieser Messungsmethode die oben angeführte Ungleichheit in der Theilung der Mikrometer bis zum Unmerklichen verschwindet. Wenn er z. B. den *Dollond*'schen in 500tel Zoll getheilten Mikrometer ins Ocular lege, so entspreche eine Abtheilung desselben beim Gebrauche der stärksten Objective $^1/_{760}$ Millim. Wenn nun auch eine Abtheilung um $^1/_7$ dieser Grösse fehlerhaft sei, so betrage dieses nur $^1/_{5260}$ Millim., welche Grösse der Grenze des mikroskopischen Sehens schon äusserst nahe liege. *Harting* glaubt, dass man mit fein getheilten Mikrometern auf diese Weise bis auf $^1/_{2500}$ Millim. direct messen könne, was ich aus den oben angeführten Gründen für eine nicht zu erreichende Genauigkeit halte, um so mehr, da ich aus Erfahrung zur Genüge erfahren habe, wie schwer es ist, auf diese Weise auch nur auf $^1/_{1200}$ Millim. genau zu messen.

Der Umstand, dass die Striche des im Oculare liegenden Mikrometers nur undeutlich oder gar nicht mehr gesehen werden können, wenn das Object dunkel ist, gab wohl Veranlassung zur Erfindung des sogenannten Oculaire à vis de rappel (Spitzenmikrometers), d. h. zur Anbringung von zwei Nadeln in der Blendung des Oculars, welche einander diametral gegenüber stehen, und durch Schrauben bis zur Berührung ihrer Spitzen einander genähert werden können. Um den Durchmesser eines Gegenstandes zu messen, schraubt man die Spitzen so weit ins Ocular vor, dass sie die entgegengesetzten Seiten des Bildes berühren, legt nun statt des Objectes einen Glasmikrometer unter das Mikroskop, und zählt die zwischen den Spitzen liegenden Abtheilungen desselben. Diese Methode gewährt den entschiedenen Vortheil vor der Anwendung eines in das Ocular eingelegten Mikrometers, dass das Bild des Objectes vollkommen klar bleibt, und dass man die dunkeln Nadeln sehr scharf auch über einem minder durchsichtigen Objecte sieht, daher einen einzel-

nen Theil desselben leichter, als mit dem Glasmikrometer messen kann, auf der andern Seite macht es aber grosse Schwierigkeiten, die Nadelspitzen genau auf den Rand des Objectes einzustellen, wenn dieselben nicht sehr spitzig zugeschliffen sind, indem wegen einer an der Nadel stattfindenden Beugung des Lichtes der Rand des Bildes vor derselben zurückweicht. Dieser Umstand, und ebenso die beim Ablesen des Mikrometers eintretende Unsicherheit veranlasst eine Unsicherheit von ungefähr $^1/_{1000}$ bis $^1/_{500}$ Millim., man kann daher diese Messungsmethode kaum mehr anwenden, wenn das Object kleiner, als $^1/_{200}$ bis $^1/_{300}$ Millim. ist, wesshalb diese Methode bei Messung kleiner Körper unbedingt die schlechteste ist; dagegen ist sie bei Gegenständen von grösserem Durchmesser bequem und hinreichend sicher.

Eine weitere Methode der Messung mittelst des Glasmikrometers beruht darauf, dass mit Hülfe des *Sömmerring*'schen Spiegels oder einer analogen Vorrichtung von dem durch das Mikroskop betrachteten Gegenstande eine Zeichnung entworfen, und alsdann nach derselben Vergrösserung das Bild eines Glasmikrometers auf die Zeichnung übertragen wird. Dass auf diese Weise mit grosser Leichtigkeit ebensowohl die Vergrösserung des Mikroskopes, als die Grösse des Objectes bestimmt wird, ist klar. Was jedoch die Genauigkeit der Messung betrifft, so ist dieser Methode zwar auf der einen Seite der Vortheil vor der Anwendung des im Oculare liegenden Mikrometers und des Spitzenoculares zuzuschreiben, dass man, wenn der Durchmesser des Objectes keine ganze Abtheilung des Mikrometers beträgt, den Bruchtheil auf der Zeichnung mittelst des Cirkels messen kann und nicht genöthigt ist, ihn blos zu schätzen, auf der andern Seite leidet sie aber an der Unbequemlichkeit, dass das durch den *Sömmerring*'schen Spiegel gesehene Bild, weil dasselbe auf einem halb beleuchteten Papiere aufgefangen wird, nicht mit derselben Deutlichkeit, wie bei directer Betrachtung durch das Mikroskop gesehen wird. Dieser Umstand ist, besonders bei An-

wendung starker Vergrösserungen, einem genauen Nachzeichnen des Bildes hinderlich. Nimmt man noch hinzu, dass man beim Zeichnen selbst kleine Fehler begeht, so muss man den Werth dieser Methode niedriger anschlagen, als man wohl anfänglich zu thun geneigt ist, auch zeigt sich bei Anwendung derselben, dass die Fehler, welche man begeht, bis auf $^1/_{1000}'''$ steigen können; grössere Fehler lassen sich dagegen leicht vermeiden. Im Ganzen genommen mag diese Methode in Hinsicht auf Genauigkeit mit der Anwendung im Oculare liegender Mikrometer übereinstimmen.

Eine weit grössere Genauigkeit lässt die Methode zu, wenn man das im *Sömmerring*'schen Spiegel sich zeigende Bild nicht auf Papier auffängt und nachzeichnet, sondern auf einen beliebigen Maassstab mit kleinen Abtheilungen (wozu man ganz gut eine Thermometerscale benutzen kann) auffallen lässt, nachdem man vorher den Werth der Abtheilungen des Maassstabes dadurch bestimmte, dass man das Bild eines Glasmikrometers auf demselben auffing. Man sieht die Striche des Maasstabes sehr scharf in dem mikroskopischen Bilde, es lässt daher diese Methode eine sehr genaue Messung zu. Wenn ich z. B. die *Plössl*'schen Objective 4 bis 6 anwende, so entsprechen 4 Abtheilungen des von mir gebrauchten Maassstabes $^1/_{100}$ Millim., die Striche geben daher unmittelbar $^1/_{400}$ Millm. an. Da sich nun mit hinreichender Sicherheit $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ einer Abtheilung des Maassstabes schätzen, oder mit dem Cirkel messen lässt, so geht diese Messung mit hinreichender Sicherheit bis auf $^1/_{2000}$ Millim. Durch Anwendung stärkerer Oculare, als ich bei meinem Spiegelapparate benutzte, liesse sich ohne Zweifel die Genauigkeit der Messung bei günstigen Objecten noch um ein Beträchtliches steigern *).

*) Prof. *Harting* macht in Beziehung auf diese Messungsmethode, bei welcher er die Grösse des Bildes mittelst eines Cirkels mass, die sehr richtige Bemerkung, dass diese Methode ein desto genaueres Resultat gebe, je kleiner das zu messende Object und

Harting hat für diese Messungsmethode, bei welcher er das Bild des Objectes nicht auf einer Scale auffing, sondern mit dem Cirkel mass, den wahrscheinlichen Fehler aus zwei Reihen von Probemessungen berechnet. Das einemahl mass er mit einer 740mahligen Vergrösserung ein eingetrocknetes Blutkügelchen. Das Mittel aus 10 Messungen gab den Durchmesser des Bildes zu 6,3 Millim., das Mittel von 10 andern Messungen zu 6,24 Millim. an. Nach den erstern 10 Messungen wäre das Object $^1/_{14300}$ Millim. grösser, als nach der zweiten Reihe der Messungen. Der grösste Unterschied der einzelnen Messungen betrug in der ersten Reihe $^1/_{1850}$ Millim., in der zweiten $^1/_{1480}$. Der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Messung beträgt in der ersten Reihe $^1/_{8700}$ Millim., in der zweiten Reihe $^1/_{6660}$. Der wahrscheinliche Fehler des Mittels aus der ersten Reihe beträgt $^1/_{27500}$ Millim., bei der zweiten Reihe $^1/_{21300}$. Der wahrscheinliche Fehler aller Messungen zusammen beträgt $^1/_{34760}$ Millim. ($^1/_{295}$ des Durchmessers vom Objecte). Diese grosse Genauigkeit wurde bei einer Reihe von 10 Messungen von 0,05 Millim. eines Glasmikrometers bei einer 369fachen Vergrösserung nicht erreicht. Der grösste Unterschied der Messungen betrug $^1/_{526}$ Millim.; der wahrscheinliche Fehler des Mittels $^1/_{7812}$ Millim. ($^1/_{391}$ des Objectes); der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Messung $^1/_{2730}$ Millim. *Harting* leitet die grössere Genauigkeit der ersteren Messung mit Recht

---

je stärker die angewendete Vergrösserung sei. Er fand z. B. bei wiederholten, bei einer 530mahligen Vergrösserung angestellten Messungen einer 0,1 Millim. langen Strecke eines Glasmikrometers, dass die stärkste Abweichung zwischen den Messungen etwas kleiner als $^1/_{1500}$ Millim. war; hatte das Object einen Durchmesser von nur 0,01 Millim., so sank die Abweichung auf $^1/_{5000}$ Millim. Mit der Grösse des Objectes und der dadurch nöthig werdenden Anwendung schwacher Vergrösserungen nehme dagegen der Fehler zu, so dass er bei einem Objecte von 1 Millim. Durchmesser und bei 100mahliger Vergrösserung auf $^1/_{300}$ Millimeter steige.

theils von der stärkeren Vergrösserung, theils von der geringeren Grösse des Bildes, welches mit dem Cirkel leichter genau zu messen war, ab.

Auf demselben Principe, das vergrösserte Bild auf einer Fläche aufzufangen, und mittelst eines Maassstabes zu messen, beruht das Verfahren von *Harting* (Bullet. d. scienc. phys. en Néerlande. 1839. 361.), welcher das durch ein Sonnenmikroskop (vrgl. p. 238) erzeugte Bild auf einer matten Glastafel auffängt, und seine Dimensionen mit dem Cirkel abmisst. *Harting* versichert (Tijdschrift voor natuurl. Gesch. 1840. 169), dass er zum mindesten auf $^1/_{5000}$ Millimeter sicher sei.

Harting hat in der neueren Zeit auch die Resultate der Messungen mit diesem Instrumente nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Er machte zwei Reihen von je 10 Messungen eines Blutkügelchens. Die Differenz zwischen den Mitteln beider Reihen betrug $^1/_{25000}$ Millimeter. Für die erste Reihe beträgt die grösste Differenz zwischen den einzelnen Messungen $^1/_{1500}$ Millim., für die zweite $^1/_{1960}$. Der wahrscheinliche Fehler des Mittels der ersten Reihe beträgt $^1/_{27000}$ Millim. ($^1/_{208}$ des Objectes), für die zweite Reihe $^1/_{22200}$ Mill. ($^1/_{170}$ des Objectes). Der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Messung beträgt $^1/_{8400}$ und $^1/_{7040}$ Mill.; der wahrscheinliche Fehler des Mittels aus allen Messungen $^1/_{36100}$ Millim. ($^1/_{248}$ des Objectes).

Ich habe schon oben bei Betrachtung der für das einfache Mikroskop anwendbaren Messungsmethoden der Methode des Doppeltsehens, bei welcher mittelst des einen Auges in das Mikroskop, mittelst des andern Auges auf eine Scale oder ein Papier, auf welchem man das Bild mit einem Cirkel misst, gesehen wird, Erwähnung gethan. Ich komme hier auf dieselbe zurück, weil diese Methode von *Harting* ebenfalls einer Berechnung unterworfen wurde und die Anführung von dieser bei Gelegenheit der vorhin genannten Probemessungen am schicklichsten Platz finden mag. Als absolut nothwendige Vorsichtsmasregel gibt *Harting* an, 1) man soll das

Bild nicht auf eine Scale projiciren, sondern mit dem Cirkel messen, 2) während der Messung müssen die Augen völlig unbeweglich sein, 3) das Mikroskop müsse mit einem grossen Objecttische versehen sein, um bei der Messung die Cirkelspitzen auf ihm aufsetzen zu können *), 4) auf den Objecttisch müsse ein Papier aufgelegt werden, dessen Farbe so viel als möglich mit dem Gesichtsfelde übereinstimme, dann trete die Illusion, welche die Cirkelspitzen im Gesichtsfelde erscheinen lasse, leicht ein. 5) Die Messungen müssen immer genau in der gleichen Entfernung vom Auge, welches die Cirkelspitzen beobachte, vorgenommen werden, daher müsse man immer die Objecte auf Glasplatten von gleicher Dicke auflegen, auch dürfe das auf dem Objecttische liegende Papier nicht in Hinsicht auf seine Dicke verschieden sein. 6) Man müsse mit der grössten Sorgfalt die angewendeten Vergrösserungen bestimmen.

Bei Probemessungen zeigte sich, dass die Genauigkeit mit der Vergrösserung des Mikroskopes und mit der Kleinheit der Objecte zunahm. Bei einer Vergrösserung von 579,3 wurde ein Blutkügelchen und der Zwischenraum zwischen zwei Streifen auf einer Schmetterlingsschuppe (Durchmesser = $^1/_{389}$ und $^1/_{150}$ Millim.) gemessen. Der mittlere Fehler dieser Messungen betrug $^1/_{30700}$ Millim., der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Messungen $^1/_{10700}$ Mill. Bei Probemessungen von Objecten von $^1/_{25}$ bis $^1/_{20}$ Mill. Durchmesser betrug der wahrscheinliche Fehler des Mittels $^1/_{10700}$, der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Messung $^1/_{3060}$ Mill.

Bei der Messung eines Blutkügelchens mit einer 332fachen Vergrösserung betrug der wahrscheinliche Fehler des Mittels $^1/_{22100}$ Millimeter, der der einzelnen Messung $^1/_{7040}$.

Bei einer 48mahligen Vergrösserung und Messung eines

*) Es versteht sich von selbst, dass hiebei die Anwendung eines zusammengesetzten Mikroskopes von *Harting* ins Auge gefasst wurde.

Glasmikrometers (0,1 Millim.) betrug die Differenz der einzelnen Messungen $^1/_{244}$ Millimeter, der wahrscheinliche Fehler des Mittels aus 10 Messungen $^1/_{3330}$ Mill., der der einzelnen Messung $^1/_{1220}$ Millimeter.

Gehen wir zum Schraubenmikrometer über, welcher in Deutschland die übrigen Mikrometer beinahe zu verdrängen anfängt, so wird diesem wohl so ziemlich allgemein der Vorzug der grösseren Genauigkeit zuerkannt, dagegen wurden auch gegen ihn manche Einwendungen erhoben. Einige von diesen betreffen jedoch nicht das Wesentliche der Sache, z. B. der Vorwurf, dass derselbe ein kostspieliges, schwer zu handhabendes und leicht zu verderbendes Instrument sei; diese Verhältnisse können nicht in Betracht kommen, wenn die Leistungen des Schraubenmikrometers durch keinen andern Mikrometer zu erreichen sind, und das Bedürfniss einer grösseren Genauigkeit, als die übrigen Mikrometer zulassen, vorhanden ist.

Von weit grösserem Gewichte ist dagegen die Einwendung, dass bei der Unmöglichkeit, eine vollkommen richtige Schraube zu schneiden, die Messungen mittelst des Schraubenmikrometers ebenfalls nicht vollkommen richtig seien. Das sind sie allerdings nicht, so wenig als irgend eine Messung in der Welt, allein der Grund der Fehler, welche man bei der Messung mittelst des Schraubenmikrometers begeht, liegt grösstentheils in ganz andern Umständen, als in der Unvollkommenheit der Mikrometerschraube. Bei einem gut gearbeiteten Schraubenmikrometer zeigen die Messungen desselben Objectes mit verschiedenen Theilen der Schraube keine grösseren Abweichungen von einander, als wiederholte Messungen mit demselben Theile der Schraube, es ist ferner der wahrscheinliche Fehler der Messung, man mag einen grösseren oder kleineren Körper mittelst dieses Instrumentes messen, wenigstens für denselben Beobachter, ungefähr von gleicher Grösse, zum deutlichen Beweise, dass die Fehler, welche man begeht, nicht sowohl in Ungleichförmigkeit der Schraube, sondern viel-

mehr in der Unmöglichkeit eines vollständig scharfen Einstellens begründet sind *).

Die mechanische Einrichtung des Schraubenmikrometers wurde mannigfach abgeändert. Die wesentlichen Bestandtheile desselben bestehen aus zwei Metallplatten, von welchen die eine auf dem Objecttische befestigt ist und die zweite auf derselben nach Art eines Schiebers in horizontaler Richtung mit Hülfe einer an der untern Platte befestigten Mikrometerschraube verschoben werden kann. Die Grösse dieser Verschiebung wird an einer an den Platten befindlichen Scale, welche die Schraubenumgänge angibt und an der auf der Mikrometerschraube befindlichen getheilten Trommel, welche die Bruchtheile eines Schraubenumganges angibt, abgelesen.

Die möglichst einfache, aber doch bei gehöriger Vorsicht vollkommen genügende Einrichtung (es sind mit dem der Zeichnung zu Grunde liegenden Exemplare alle meine im Folgenden angeführten Probemessungen gemacht) besitzt das auf Tab. VI. fig. 8. in $^2/_3$ seiner wahren Grösse abgebildete Instrument. Die untere in der Mitte durchbohrte Platte a. a. trägt auf ihren Seiten zwei schwalbenschwanzförmige Leisten c. c., zwischen welchen sich die obere mit einer länglichen Oeffnung versehene Platte b. b verschiebt. Die Mikrometerschraube d ist in einen Ausschnitt dieser oberen Platte aufgenommen, ihre Mutter e ist mit der unteren Platte fest verbunden. Wird die Schraube vorwärts geschraubt, so stemmt sich ihr unteres Ende gegen die obere Platte und schiebt diese vorwärts. Rückwärts wird die Platte beim Zurückdrehen der Mikrometerschraube durch eine federnde, schmale Messingplatte g gezogen, welche auf den hintern cylindrisch ab-

*) Diese Bemerkung findet natürlicherweise nur ihre Anwendung auf Instrumente, wie sie aus den *Fraunhofer*'schen, *Plössl*'schen, *Schiek*'schen und ähnlichen mechanischen Instituten hervorgehen; es sind mir allerdings schon ganz schlechte Instrumente dieser Art unter die Augen gekommen.

gedrehten Theil der Mikrometerschraube aufgesteckt ist und von dem scheibenförmigen Vorsprunge f der Mikrometerschraube beim Zurückdrehen derselben ebenfalls rückwärts geschoben wird; dieser Feder muss die obere Platte des Mikrometers folgen, da die beiden Enden der ersteren mit der Schieberplatte des Mikrometers durch die Schrauben b' b' verbunden sind. Die getheilte Trommel i ist auf die Mikrometerschraube nicht fest aufgesteckt, sondern sitzt auf dem conischen Zapfen des mit einem geränderten Kopfe versehenen und auf dem prismatischen hinteren Ende der Mikrometerschraube aufgesteckten Stückes k auf, während sie sich nach vornen zu gegen ein auf die Mikrometerschraube aufgestecktes Metallplättchen h stemmt. Es kann daher die Trommel um ihre Achse gedreht werden, um ihren Nullpunkt mit der Theilung der Scale m in Uebereinstimmung zu bringen. Um die Trommel festzustellen dient die, auf das hintere Ende der Mikrometerschraube aufgeschraubte Mutter l, welche wenn sie angezogen wird, das Mittelstück k auf die Trommel und diese auf das Metallplättchen h aufdrückt und damit eine weitere Drehung der Trommel verhindert. Einen zur Ablesung der Theilung der Trommel dienenden Nonius, welcher auf das kabelförmige hintere Ende der oberen Platte aufgeschraubt ist, habe ich in der Zeichnung weggelassen.

Bei diesem Mikrometer ist die Verschiebung der oberen Platte bei dem Vorwärtsdrehen der Mikrometerschraube vollkommen sanft und gleichförmig und es ist, wenn einmahl die Schraube sich gegen die Platte gestemmt und sie zu bewegen angefangen hat, kein weiterer todter Gang derselben möglich, dagegen ist die Bewegung des Schiebers rückwärts nicht ganz sanft und gleichförmig und es zeigt sich im Anfange derselben ein todter Gang der Schraube, indem die Feder zu schwach ist, um zu bewirken, dass der Schieber jeder kleinen Bewegung der Schraube folgt. Man darf daher diesen Mikrometer, wenn man genau messen will, niemahls beim Zurückdrehen, sondern nur beim Vorwärtsdrehen der Schraube gebrauchen.

Dieser todte Gang ist bei den von *Schiek* und *Plössl* verfertigten Mikrometern durch Anbringung einer starken Spiralfeder vermieden. Bei diesen Mikrometern ist die Mikrometerschraube mit der verschiebbaren Platte fest verbunden und die Schraubenmutter in die Achse der getheilten Trommel eingeschnitten. Diese Achse stemmt sich gegen einen mit der untern Platte in Verbindung stehenden Theil, es wird also beim Rechtsdrehen der Trommel die Mikrometerschraube und mit ihr die obere Platte gegen die Trommel hingezogen, wobei die Spiralfeder gespannt wird; beim Rückwärtsdrehen der Trommel wird die verschiebbare Platte und die Mikrometerschraube wieder durch die Spiralfeder zurückgezogen.

Weitere den bequemen Gebrauch des Schraubenmikrometers befördernde, aber nicht wesentliche Einrichtungen bestehen 1) in der Anbringung eines rechtwinklig gegen die Achse der Mikrometerschraube durch eine Schraube beweglichen Schiebers auf der oberen Platte, um das Object in die Mitte des Gesichtsfeldes des Mikroskopes zu stellen, 2) in der Anbringung einer in horizontaler Richtung drehbaren, in der Mitte durchbrochenen, auf diesem Schieber angebrachten Scheibe, auf welche das Object aufgelegt wird und welche den Zweck hat, leichter als es durch die blose Hand geschehen kann, die Längenachse des Objectes in parallele Richtung mit der Mikrometerschraube zu bringen, 3) in der Anbringung eines durch einen Trieb in der Richtung der Mikrometerschraube beweglichen Schiebers auf der durch die Mikrometerschraube beweglichen Platte, um nach vorgenommener Messung das Object, ohne am ganzen Mikrometer sonst etwas verrücken zu müssen, der Länge nach über dem Mikrometer verschieben und mittelst eines andern Theiles der Mikrometerschraube die Messung repetiren zu können.

Bei den grossen *Fraunhofer*'schen und ebenso bei den *Plössl*'schen Mikroskopen aus früherer Zeit ist der Schraubenmikrometer am Stative des Mikroskopes befestigt und dient zugleich als Ob-

jecttisch. Diese Einrichtung ist nicht zweckmässig, indem der Mikrometer gar zu leicht dem Verderben ausgesetzt ist, wenn man in flüchtigen Säuren liegende Objecte untersucht u. drgl. Weit besser ist es daher, den Mikrometer so einzurichten, dass er auf den Objecttisch aufgeschraubt und nach dem Gebrauche wieder abgenommen werden kann.

Die Messung mittelst des beschriebenen Schraubenmikrometers geschieht bekanntlich auf die Weise, dass mittelst der Mikrometerschraube das Object unter dem feststehenden Körper des Mikroskopes um seine eigene Breite verschoben wird, durch welche Bewegung das Bild des Objectes in entgegengesetzter Richtung durch das Ocular geführt wird, und dass man den Anfang und das Ende dieser Verschiebung durch die Berührung eines im Ocular ausgespannten Spinnenfadens, oder besser eines zarten, auf Glas gezogenen Diamantstriches mit dem einen, und später mit dem andern Rande des Bildes bestimmt, worauf die zur Verschiebung nothwendig gewesene Drehung der Schraube am Index des Instrumentes und der getheilten Trommel der Schraube abgelesen wird. Die Genauigkeit der Messung richtet sich daher nach der Genauigkeit, mit welcher die Einstellung des Spinnenfadens auf die Ränder des Bildes bewerkstelligt wird. Es vereinigen sich nun mehrere Umstände, um die Ausführung dieser Operation in voller Schärfe unmöglich zu machen.

Erstens tritt am Rande des Bildes, wenn man denselben mit dem Faden in Berührung bringen will, eine Beugung des Lichtes und in Folge derselben eine Abplattung des Randes ein, welche ein vollkommen scharfes Aneinanderlegen des Bildes und des Fadens unmöglich macht. Diesem Uebelstande könnte man zwar dadurch begegnen, dass man im Oculare zwei parallele, in kleiner Entfernung von einander gezogene Diamantstriche anbringen, und auf die Mitte ihres Zwischenraumes einstellen würde, allein auch dadurch wäre in den meisten Fällen ein scharfes Einstellen noch nicht gesichert. Die Anwendung von Diamantstrichen führt näm-

lich überhaupt den Uebelstand mit sich, dass dieselben, wenn das Bild eines nicht sehr durchsichtiges Objectes unter ihnen durchgeführt wird, nur sehr schwierig zu sehen sind, und häufig, wenigstens momentan, ganz unsichtbar werden. Ich fand es daher zweckmässiger (wenn nicht kleine Kügelchen gemessen werden sollen, welche allerdings besser mittelst eines Fadens gemessen werden), in das Ocular einen Ring einzulegen, in welchem sich in der Richtung eines Radius eine fein zugeschliffene Nadel befindet, deren Spitze bis in den Mittelpunkt des Ringes reicht, und auf die Spitze der Nadel einzustellen. Es erleichtert dieses das Einstellen bedeutend, indem die Nadel auch über einem dunkeln Objecte sehr scharf gesehen wird, und es weit leichter ist, die Nadelspitze mit dem Rande des Bildes in Berührung zu bringen, als dieses bei Anwendung eines Fadens der Fall ist.

Eine zweite Ursache der fehlerhaften Einstellung liegt darin, dass man mit aller Vorsicht doch häufig nicht vermeiden kann, die Schraube etwas weiter vorzuschrauben, als man beabsichtigte, oder zu frühe mit der Drehung derselben aufzuhören. Hat man über den Berührungspunkt der Bilder vorgeschraubt, so lässt sich der Fehler durch Zurückschrauben nicht wieder verbessern, indem der immer vorhandene todte Gang der Schraube das Resultat der Messung nothwendig falsch machen würde. Diese in der Unsicherheit der Hand begründete Ungenauigkeit des Einstellens liesse sich zwar leicht entfernen, wenn am Mikrometer auf analoge Weise, wie an den Kreisen der astronomischen Instrumente, eine Vorrichtung angebracht würde, um den letzten Theil der Drehung mittelst einer Schraube vorzunehmen. Es ist aber wohl nicht der Mühe werth, das Instrument auf diese Weise complicirter und in seiner Anwendung zeitraubender zu machen, indem es offenbar kürzer ist, wenn man beim Einstellen einen bedeutenden Fehler beging, die Beobachtung zu verwerfen und eine neue zu machen.

Ein weiterer Umstand, durch welchen kleine Fehler verur-

sacht werden können, liegt darin, dass die gewöhnlichen, säulenförmigen Mikroskopstative keinen so soliden Bau besitzen, dass nicht durch einen auch nur schwachen Seitendruck, welchen man bei der Drehung der Mikrometerschraube unwillkührlich ausüben kann, in Folge der Elasticität des Statives und des ganzen Messapparates der letztere um eine, wenn auch geringe Grösse gegen den Mikroskopkörper verschoben werden kann; in noch höherem Grade ist dieses natürlicherweise der Fall, wenn der Objecttisch nicht an der Säule fest geschraubt ist, sondern eine Bewegung auf- und abwärts besitzt.

Bei diesen mannigfachen Ursachen von Fehlern ist es sehr erklärlich, dass die verschiedenen Messungen desselben Körpers nicht unbeträchtliche Abweichungen zeigen. Ich habe, um die Fehler kennen zu lernen, welche ich mit meinem Mikrometer begehe, eine Reihe von Messungen angestellt, bei welchen ich, um unwandelbare Objecte zu haben, meistens Glasmikrometer als Object verwendete. Das Resultat war insoferne kein sehr befriedigendes, als im Allgemeinen bei wiederholten Messungen desselben Objectes, wenn gleich immer ein Theil derselben vollkommen das gleiche Resultat gab, dennoch immer ein anderer Theil Abweichungen von 1, 2, 3, und in einzelnen Fällen selbst von 5—6 Tausendtheilen eines Schraubenumganges zeigte. Die grösseren Abweichungen rührten freilich von sichtbar falschem Einstellen her, kamen aber doch immer wieder von Zeit zu Zeit vor; die kleineren waren nicht zu vermeiden. Da bei meinem Mikrometer der Schraubenumgang etwas weniger als $^1/_6$ Linie beträgt, so entsprachen die grösseren Abweichungen beinahe $^1/_{1000}'''$.

Da die Fehler der einzelnen Messungen leicht durch Vervielfältigung der Beobachtungen und Ableitung des Mittels aus denselben auf weit unbedeutendere reducirt werden können, so schien es mir der Mühe werth zu sein, durch Vergleichung der Messungen verschiedener Objecte und Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers des aus denselben abgeleiteten Mittels zu

untersuchen, wie gross die Genauigkeit ist, welche durch eine mässige Anzahl von Beobachtungen zu erreichen ist, indem auf der einen Seite der Naturhistoriker wünschen muss, bis auf einen gewissen Grad bei seinen Messungen sicher zu sein, auf der andern Seite dagegen es für ihn in den meisten Fällen Verschwendung von Zeit und Mühe wäre, durch eine sehr grosse Zahl von Messungen den höchst möglichen Grad von Genauigkeit zu erreichen.

Aus diesen Beobachtungen ging hervor, dass der wahrscheinliche Fehler des mittleren Resultates aus je 10 Messungen eine ziemlich constante, von der absoluten Grösse des Gegenstandes unabhängige Grösse war. Die gemessenen Gegenstände hatten einen Durchmesser von $^1/_5$ bis zu $^1/_{3460}'''$; der wahrscheinliche Fehler *) des Mittels von je zehen Messungen betrug $^1/_{35160}'''$ bis zu $^1/_{71530}'''$, im Mittel $^1/_{47183}$. Es ist einleuchtend, dass der wahrscheinliche Fehler, wenn es sich von der Beurtheilung der Genauigkeit einer Messung handelt, nicht nur in Beziehung auf seine absolute Grösse betrachet werden muss, sondern dass derselbe, wenn er wie im vorliegenden Falle bei den verschiedenen Messungen eine ziemlich constante Grösse zeigt, je nach den Dimensionen des gemessenen Körpers eine sehr verschiedene Bedeutung erhält, indem derselbe einem immer grösseren Bruchtheile des Durchmessers des Körpers gleichkommt, je kleiner dieser ist. Es wird dieses aus den folgenden Messungen, welche nach der Grösse der Objecte geordnet sind und bei welchen der wahrscheinliche Fehler in Bruchtheilen des Durchmessers der Objecte angegeben ist, am deutlichsen erhellen.

*) Unter den 80 einzelnen Messungen, denen die acht im Texte angeführten Gegenstände unterworfen wurden, wichen 67 um weniger als $^1/_{1000}$ eines Umganges der Mikrometerschraube (d. h. bei meinem Mikrometer um weniger als $^1/_{6223}'''$) von dem aus je 10 Messungen gezogenen Mittel ab, 13 zeigten dagegen eine über diese Grösse steigende Abweichung, bei keiner dagegen erreichte dieselbe $^2/_{1000}$ eines Schraubenumganges.

a) Durchmesser des Objectes = $^1/_5'''$ (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler = $^1/_{11700}$.

b) $^1/_{10}$ Millimeter (Glasmikrometer.) Wahrsch. Fehler = $^1/_{1700}$.

c) $^1/_{20}$ Millimeter (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler = $^1/_{768}$.

d) $^1/_{50}'''$ (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler = $^1/_{1079}$.

e) $^1/_{176}'''$ (in Glas geätzte Linie). Wahrsch. Fehler = $^1/_{214}$.

f) $^1/_{568}'''$ (Diamantstrich auf Glas). Wahrsch. Fehler = $^1/_{90}$.

g) $^1/_{1706}'''$ (Faser in der Wurzelrinde einer Orchidee). Wahrsch. Fehler = $^1/_{23}$.

h) $^1/_{3460}'''$ (ähnliche Faser). Wahrsch. Fehler = $^1/_{20}$.

Fragt man, ob Messungen, bei welchen der wahrscheinliche Fehler die angegebene Grösse besitzt, eine für naturhistorische Zwecke ausreichende Genauigkeit besitzen, so lässt sich in dieser Beziehung kaum eine allgemein gültige Antwort geben. Für alle Körper von grösseren Dimensionen, bei welchen also der wahrscheinliche Fehler der Messung nur einem verhältnissmässig kleinen Theile ihres Durchmessers gleichkommt, lässt sich jene Frage unbedingt bejahen. Die Gegenstände der mikroskopischen Untersuchung sind beinahe ausschliesslich organische Gebilde, deren Dimensionen so bedeutenden Schwankungen unterworfen sind, dass im Verhältnisse zu diesen der wahrscheinliche Fehler der Messung verschwindend klein ist; man kann daher nicht nur die Grösse des einzelnen Exemplares, sondern auch die Grenzen, innerhalb welcher die Grösse verschiedener Exemplare schwankt, hinreichend genau bestimmen. Es wird z. B. Jeder unbedingt zugeben, dass es, wenn der Durchmesser einer Zelle zu $^1/_5'''$ gefunden wird, vollkommen gleichgültig ist, ob derselbe wirklich genau diese Grösse besitzt, oder ob er um $^1/_{11700}$ grösser oder kleiner ist, ebenso ist es nicht von der mindesten Bedeutung, ob die Grösse eines Pollenkorns, eines Pflanzengefässes von $^1/_{50}''$, Durchmesser auf $^1/_{1079}$ dieser Grösse richtig gefunden wird oder nicht. In solchen Fällen ist überhaupt schon die Genauigkeit, mit welcher mittelst des Schraubenmikrometers gemessen wird, ein

unnöthiger Luxus und jedenfalls kann man sich bei solchen grösseren Gegenständen die Mühe, mehrfache Messungen zu machen und aus ihnen das Mittel zu ziehen, ersparen. Das letztere wird nun freilich bei Gegenständen deren Durchmesser auf Hundertel und Tausendtel einer Linie sinkt, nicht mehr der Fall sein, dagegen mag auch für diese Fälle eine Genauigkeit, wie sie die obigen Probemessungen zeigen, wenigstens in der Mehrzahl der Fälle vollkommen ausreichend sein, wenigstens wüsste ich keinen Fall anzuführen, in welchem sie als ungenügend erschiene. Es ist jedoch wohl denkbar, dass Untersuchungen namentlich solche, die sich auf die Entwicklungsgeschichte organischer Körper beziehen, zu machen wären, bei welchen eine Messung, die mit einem wahrscheinlichen Fehler von $^1/_{20}$ behaftet wäre durchaus ungenügend wäre; in diesem Falle müssten wir uns nach genaueren Messungsmethoden umsehen und ohne Zweifel würden Vorrichtungen, durch welche das mikroskopische Bild in zwei über einander verschiebbare Bilder getrennt werden könnte, so wie Verbesserungen des Schraubenmikrometers die geeigneten Mittel hiezu gewähren *).

*) Auf eine, dem im Vorhergehenden ausgesprochenen Grundsatze, dass in demselben Verhältnisse, in welchem der Durchmesser des Körpers abnimmt, die Genauigkeit der Messung zunehmen muss, wenn man in wissenschaftlicher Beziehung gleich verlässige Resultate erhalten will, ganz entgegengesetzte Weise spricht sich *J. Vogel* (Anleit. zum Gebrauche d. Mikrosk. p. 88) aus, indem er sagt, es können bei Gegenständen, welche unter $^1/_{100}'''$ gross seien, kleine Verschiedenheiten der Messung unbedenklich vernachlässigt werden, z. B. eine Messung, welche in Theilen des wiener oder des englischen Zolles gemacht sei, ohne Schaden als in Theilen des pariser Zolles ausgedrückt angenommen werden, während dieses bei grösseren Gegenständen nicht angehe, z. B. es nicht gleichgültig sei, ob man den Durchmesser eines Körpers zu $^3/_7$ oder $^1/_2'''$ angebe. Ich sehe den Grund hiervon nicht ein. Der englische Zoll ist nahezu um $^1/_{15}$ kleiner, als der pariser; $^3/_7$ ist von $^1/_2$ um $^1/_{14}$ verschieden, man macht also, wenn man Theile des englischen Zolles für gleichbedeutend mit

In der neueren Zeit hat auch *Harting* die Messung mittelst des Schraubenmikrometers der Rechnung unterworfen. Er benützte einen von *Powel* und einen von *Plössl* verfertigten Mikrometer. Bei dem Mikrometer von *Powel* zeigte die Messung von 0,1 Millimeter eines Glasmikrometers mittelst verschiedener Theile der Schraube einen Unterschied von $^1/_{143000}$, welcher vernachlässigt werden kann. Bei der Messung eines Blutkügelchens mittelst zweier Stellen der Schraube zeigte das Mittel beider Reihen von je 10 Messungen einen Unterschied von $^1/_{8000}$ Millimeter. Die grösste Differenz zwischen den einzelnen Messungen betrug bei der ersten Reihe $^1/_{500}$ Millim., bei der zweiten Reihe $^1/_{492}$. Der wahrscheinliche Fehler des Mittels der ersten Reihe betrug $^1/_{10900}$ Millim. ($^1/_{90}$ des Objects), der der zweiten Reihe $^1/_{7960}$ Mill. ($^1/_{64}$ des Objects.) Der wahrscheinliche Fehler aus beiden Reihen betrug $^1/_{10800}$ Millim. ($^1/_{89}$ des Objects.)

Bei dem Mikrometer von *Plössl* gaben zwei Messungsreihen eines Blutkügelchens mittelst zweier verschiedener Stellen der Schraube genau dasselbe Mittel. Für die erste Reihe betrug der grösste Unterschied der einzelnen Messungen $^1/_{955}$ Millim., für die zweite $^1/_{760}$. Der wahrscheinliche Fehler des mittleren Resultates der ersten Reihe betrug $^1/_{11960}$ ($^1/_{110}$ des Objects), für die zweite Reihe $^1/_{8900}$ Millim. ($^1/_{73}$ des Objects.) Der wahrscheinliche Fehler des mittleren Resultates von beiden Reihen betrug $^1/_{14500}$ Millim. ($^1/_{121}$ des Objects.) Der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Messung betrug $^1/_{3000}$ Millimeter.

Der Grad von Genauigkeit, welcher sich in diesen Zahlen ausspricht, ist wie man sieht, dem von mir bei meinen Probemessungen erhaltenen, sehr analog, was dafür spricht, dass die von *Harting* und mir benützten Mikrometer, welche aus drei

---

den entsprechenden Theilen des pariser Zolles annimmt, nahezu denselben Fehler, wie den von *Vogel* gerügten, und es ist nicht einzusehen, warum man wissentlich bei kleinen Körpern einen Fehler begehen soll, den man bei grösseren für unzulässig hält.

verschiedenen Werkstätten hervorgingen, ungefähr von gleicher Güte waren.

Die hauptsächlichste Schwierigkeit, eine grössere Genauigkeit bei den Messungen mittelst des Schraubenmikrometers zu erreichen, liegt übrigens nicht, wie man vermuthen könnte, in der mechanischen Unvollkommenheit des Instrumentes. Mikrometerschrauben können genau genug verfertigt werden, um zu weit genaueren Messungen, als man bis jetzt mittelst des Schraubenmikrometers ausführt, vollkommen tauglich zu sein; man müsste, um den Mikrometer zu solchen tauglich zu machen, auf der Trommel seiner Schraube eine grössere Anzahl von Theilstrichen anbringen und sich nicht auf einen einzigen Nonius beschränken, sondern zwei einander gegenüberstehende Nonien anbringen, um die Fehler zu vermeiden, die aus einer fehlerhaften Centrirung und Form der Trommel hervorgehen. Das Hinderniss, welches es wenigstens für jetzt unmöglich macht auf Hunderttausendtel einer Linie genau zu messen, liegt in der Unvollkommenheit unserer gegenwärtigen Mikroskope. Ohne auf die nicht leicht zu entscheidende Frage, welches die Grenze des mikroskopischen Sehens sei, einzugehen, glaube ich den Beweis dafür, dass die Grenze der Genauigkeit, welche bei Messungen mittelst des Schraubenmikrometers erhalten wird, häuptsächlich in der Unvollkommenheit des optischen und nicht des mechanischen Theiles des Messapparates begründet ist, in Folgendem liefern zu können.

Da bei der gewöhnlichen Anwendung des Schraubenmikrometers alle Fehler, die bei der Messung sei es in Folge fehlerhafter Einstellung, sei es in Folge der mechanischen Unvollkommenheit des Instrumentes begangen werden, in ihrer vollen Grösse im Resultate der Messung erscheinen, so kam ich auf den Gedanken durch den Schraubenmikrometer nicht unmittelbar den Durchmesser des Objectes, sondern den Durchmesser seines in der Blendung des Oculares liegenden Bildes zu messen, um in demselben Verhältnisse, in welchem dieses Bild grösser als das Ob-

ject ist, jene bei der Messung begangenen Fehler zu verkleinern. Ich liess mir zu diesem Zwecke ein sehr festes Stativ verfertigen, an welchem der Mikrometer oberhalb der mit ihm nicht in directer Verbindung stehenden Mikroskopröhre auf eine sehr solide Weise befestigt und durch denselben das Ocular über dem durch die Objectivlinsen entworfenen Bilde verschoben werden konnte. Bei dieser Lage des Mikrometers entsprach eine Windung seiner Schraube ungefähr $^1/_{300}'''$ (0''',00314). Da eine Windung dieser Schraube 0''',1607 beträgt, so hätte sich bei Messungen mittelst des angegebenen Apparates eine nahezu 51mahl grössere Genauigkeit erreichen lassen, als bei der gewöhnlichen Anwendung desselben Mikrometers, vorausgesetzt, dass das Mikroskop hinreichend vergrössert hätte, um noch Einstellungen des Mikrometers, die bis auf $^1/_{1000}$ einer Schraubenwindung übereinstimmen würden, zu gestatten. Die mittelst dieses Apparates ausgeführten Messungen waren dagegen weit entfernt, eine solche, $^1/_{300000}'''$ erreichende Uebereinstimmung der einzelnen Messungen und den Grad von Genauigkeit zu zeigen, welcher in Folge der Construction des Instrumentes möglich gewesen wäre. Der wahrscheinliche Fehler des Mittels von je 10 Messungen schwankte zwischen $^1/_{40500}'''$ und $^1/_{81690}'''$ und betrug im Mittel $^1/_{60243}'''$, er verhielt sich also, wenn wir die mittleren Resultate vergleichen, zum wahrscheinlichen Fehler, den ich bei der gewöhnlichen Anwendungsweise desselben Mikrometers erhielt, wie 2 zu 3. Einige Probemessungen gaben folgendes Resultat:

a) $^1/_{10}$ Millimeter (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler $= ^1/_{1760}$.

b) $^1/_{20}$ Millimeter (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler $= ^1/_{1790}$.

c) $^1/_{50}'''$ (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler $= ^1/_{1630}$.

d) $^1/_{221}'''$ (in Glas geätzte Linie). Wahr. Fehler $= ^1/_{242}$.

e) $^1/_{685}'''$ (Diamantstrich auf Glas). W. F. $= ^1/_{82}$.

f) $^1/_{1441}'''$ (Diamantstrich auf Glas). W. F. $= ^1/_{36}$.

Wenn dieses Resultat den Erwartungen, die ich von dieser

Messungsmethode hegen konnte, nicht entfernt entsprach, so konnte der Grund hievon nicht in mechanischen Unvollkommenheiten des Apparates liegen, denn das Stativ besass eine solche Festigkeit, dass ich gegen Biegungen desselben, welche einen irgend bemerkbaren Fehler hätten veranlassen können, gesichert war, es kann also der Grund davon, dass die Messungen nicht um vieles genauer, als bei der gewöhnlichen Anwendungsart des Schraubenmikrometers ausfielen, nur darin liegen, dass die Grenze der Genauigkeit, die der letztere als Messapparat zulässt, sich der Grenze des mikroskopischen Sehens bereits bedeutend nähert, wesshalb eine einseitige Steigerung der Genauigkeit des Messapparates ohne gleichzeitige Steigerung der Leistungen des Mikroskopes ohne erheblichen Nutzen bleiben muss. Für jetzt sehe ich daher keinen Vortheil dabei, den hier beschriebenen Mikrometer an die Stelle des gewöhnlichen Schraubenmikrometers zu setzen, im Gegentheile er steht dem letzteren in Hinsicht auf Bequemlichkeit und den zur Messung nöthigen Zeitaufwand nach, indem zur Messung auch nur mässig grosser Körper schon viele Umdrehungen der Schraube nöthig sind; besitzen wir dagegen einmahl bessere Mikroskope, dann zweifle ich nicht, dass dieser Apparat für die Messung sehr kleiner Körper treffliche Dienste leisten wird.

Harting machte mittelst eines von *Dollond* verfertigten Mikrometers, welcher im wesentlichen denselben Zweck, wie der vorhin beschriebene erfüllt, Probemessungen. Der Mikrometer hatte die Einrichtung des astronomischen Mikrometers, bei welchem durch eine Schraube im Oculare ein beweglicher Faden gegen einen feststehenden hinbewegt wird. Bei der Messung eines Blutkügelchens in zwei Reihen von je 10 Messungen zeigte sich die grösste Differenz von zwei Messungen $= {}^1/_{1800}$ Millim. Der Unterschied zwischen dem Mittel beider Messungen betrug ${}^1/_{23300}$ Millim. Der wahrscheinliche Fehler des Mittels der ersten Reihe betrug ${}^1/_{27800}$ Millim. (${}^1/_{239}$ des Objects), der der zweiten

Reihe $^1/_{26400}$ Millim. ($^1/_{226}$ des Obj.), der wahrscheinliche Fehler des Mittels aus allen 20 Messungen betrug $^1/_{37800}$ Millim. ($^1/_{322}$ des Objects), der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Messung $^1/_{9260}$ Millimeter.

Auch ohne dass ich die übrigen, mittelst dieses Instrumentes ausgeführten Probemessungen anführe, zeigt sich, dass die von *Harting* durch dasselbe erreichte Genauigkeit der Messung bedeutend grösser war, als die welche der Schraubenmikrometer liefert, wenn durch denselben das Object bewegt wird. Aus sämmtlichen mittelst dieses Instrumentes von *Harting* angestellten Probemessungen ging als Gesammtresultat hervor, dass der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Messung zwischen $^1/_{27000}$ und $^1/_{4440}$ Millim. schwankte und im Mittel $^1/_{10160}$ Mill. betrug, und dass der wahrscheinliche Fehler des Mittels aus 10 Messungen zwischen $^1/_{86400}$ und $^1/_{31150}$ Mill. schwankte. Vergleichen wir damit, dass ich bei der analogen Anwendung meines Schraubenmikrometers den wahrscheinlichen Fehler im Mittel zu $^1/_{60243}'''$ fand, so ist die Uebereinstimmung unserer Messungen wiederum eine sehr auffallende, wenn gleich im allgemeinen die von *Harting* mit seinem Apparate erreichte Genauigkeit grösser ist.

Um mittelst des Schraubenmikrometers eine Grössenbestimmung vornehmen zu können, ist natürlicherweise die Kenntniss von der Grösse eines Schraubenumganges nothwendig; ohne eine genaue Kenntniss dieser Grösse wären zwar wohl die mittelst desselben Instrumentes vorgenommenen Messungen unter einander vergleichbar, aber nicht in einem bekannten Maasse auszudrücken. Directe Messung der Schraube mittelst des Cirkels liefert kein hinreichend genaues Resultat, ebenso fand ich die Anweisung von *Littrow* (*Gehler's* phys. Wört. VI. 2184), die Mikrometerschraube als mikroskopisches Object zu benutzen, und mittelst eines andern Mikrometers zu messen, gänzlich unpraktisch, indem der Rand der Schraubenwindungen nicht so scharf ist, um eine ganz genaue Messung zuzulassen. Am besten wird offen-

bar die Grösse eines Schraubenumganges dadurch gefunden, dass man einen Körper von bestimmter Grösse wiederholt mittelst des Schraubenmikrometers misst. Hierbei einen Glasmikrometer als Object zu verwenden, ist wohl das bequemste, wenn man darüber sicher ist, dass der Glasmikrometer ganz genau nach dem Maasse gearbeitet ist, welches ihm zu Grunde liegen soll. Wenn der Schraubenmikrometer eine solche Einrichtung hat, dass man einen ziemlich langen Theil seiner Schraube zur Messung benützen kann, so kann man auch einige Abtheilungen eines metallenen, etwa in Centimeter getheilten Maassstabes zur Bestimmung der Grösse einer Schraubenwindung benützen und wird dabei den Vortheil haben, dass bei dieser Grösse des Objectes schon durch eine kleine Reihe von Messungen der wahrscheinliche Fehler auf eine sehr unbedeutende relative Grösse herabgebracht wird.

Schliesslich erlaube ich mir noch einen Punkt zu berühren, welcher schon von mehreren Seiten vergeblich in Anregung gebracht wurde. Es ist sehr gewöhnlich, dass die mikroskopischen Beobachter, welche sich des Schraubenmikrometers bedienen, das Resultat ihrer Beobachtungen in Form eines Decimalbruches publiciren. Dieses ist ein wahrer Unfug, welcher den Leser auf eine ganz unnöthige Weise belästigt. Ein Ausdruck wie 0,003867″ gibt gar keine klare Vorstellung von der Grösse des beobachteten Objectes, und ist für Jemand, der nicht Mnemotechniker von Handwerk ist, nicht zu behalten, es ist daher der Leser genöthigt, wenn er sich eine anschauliche Vorstellung bilden will, den Decimalbruch in einen gewöhnlichen Bruch zu verwandeln, was zwar während des Lesens annäherungsweise durch Kopfrechnung vorgenommen werden kann, aber doch höchst lästig ist. Diese Mühe sollte billigerweise der Verfasser einer Abhandlung seinen Lesern ersparen; er kann ja immerhin, wenn sich der Decimalbruch nicht genau in einen gewöhnlichen Bruch, welcher 1 zum Zähler hat, verwandeln lässt, den am meisten der zu bezeichnenden Grösse sich annähernden Bruch wählen, und den die Grösse

genauer bezeichnenden Decimalbruch in einer Klammer beisetzen.

Gegen diese Verwandlung des Decimalbruches in einen gewöhnlichen Bruch spricht sich *Harting* entschieden aus, allein er fühlte doch selbst, dass die Decimalbrüche wenig geeignet sind, um in Kürze eine deutliche Vorstellung von der Grösse, die man andeuten will, zu geben, und gebrauchte um das Resultat seiner mikrometrischen Messungen anschaulich zu machen, selbst sehr häufig die gewöhnlichen Brüche. Ausserdem ergriff er das Auskunftsmittel, dass er 0,001 Millimeter (wofür er die Bezeichnung m m m, d. h. Mikromillimeter vorschlug) als Einheit gebrauchte. Dieses ist allerdings, wenn es sich um geringe Grössen handelt, sehr bequem, macht aber in sehr vielen Fällen den Gebrauch sehr grosser Zahlen nöthig, da auf 1 Pariser Linie 2255 solcher Einheiten gehen.

Es braucht wohl nicht näher nachgewiesen zu werden, dass es, wenn eine mikrometrische Messung in einem bestimmten Maasse ausgedrückt wird, völlig gleichgültig ist, welches Maass hiezu gewählt wird, vorausgesetzt dass es ein in der wissenschaftlichen Welt gebräuchliches ist. Am gewöhnlichsten wird dasselbe in pariser Linien oder in Millimetern und ihren Bruchtheilen ausgedrückt, seltener in Bruchtheilen des pariser Zolls; die Engländer geben in der Regel die Grösse in Bruchtheilen des englischen Zolls, die Oesterreicher in denen des Wiener Zolls oder dessen Linien an. Reductionstabellen dieser verschiedenen Maasse finden sich bekanntlich in einer Masse von Schriften; am bequemsten für den Mikrographen ist die von Ad. *Hannover* herausgegebene, auf einem Foliobogen enthaltene Tabelle (Tableau micrométrique pour servir à la réduction des diverses mesures, qui sont employées dans la micrométrie microscopique. Copenhague. 1842). Vielleicht sieht es mancher meiner Leser nicht ungerne, wenn ich hier eine kleine Tabelle über die Vergleichung der beiden in der Mikrometrie am häufigsten gebrauchten Maasse,

des Millimeters und der pariser Linie, und bei der Verbreitung der *Plössl*'schen Schraubenmikrometer eine Vergleichung der Wiener und der Pariser Linie beifüge.

Millimeter.	Pariser Linie.
1	0,443296
0,1	0,0443
0,2	0,0887
0,3	0,1330
0,4	0,1773
0,5	0,2216
0,6	0,2660
0,7	0,3103
0,8	0,3546
0,9	0,3990

Pariser Linie.	Millimeter.
1	2,255829
0,1	0,2256
0,2	0,4512
0,3	0,6767
0,4	0,9023
0,5	1,1279
0,6	1,3535
0,7	1,5791
0,8	1,8047
0,9	2,0302

Wiener Linie.	Pariser Linie.
1	0,973101
0,1	0,0973
0,2	0,1946
0,3	0,2919
0,4	0,3892
0,5	0,4866
0,6	0,5839
0,7	0,6812
0,8	0,7785
0,9	0,8758

Das Zeichnen mikroskopischer Objecte.

Ein geübter Zeichner wird das durch das Mikroskop gesehene Bild mit derselben Leichtigkeit, wie einen andern Gegenstand, zeichnen und keinen besonderen Hülfsapparat dazu nöthig haben. Anders verhält es sich dagegen bei einer grossen Anzahl von mikroskopischen Beobachtern, welche, obgleich in der Zeichnungskunst weniger geübt, dennoch ein Bild von den Entdeckungen, die sie mit dem Mikroskope gemacht, zu entwerfen wünschen, weil sie entweder keine Gelegenheit haben, die Hülfe eines geübten Zeichners zu benützen, oder weil sie glauben, dass ihre weniger kunstgerechte Zeichnung in wissenschaftlicher Beziehung einen grösseren Werth habe, als in künstlerischer Beziehung vollendetere Zeichnungen, die von einem mit dem Gegenstande nicht vertrauten Zeichner entworfen sind, welcher häufig auf Nebensachen einen grossen Werth legt und das Wesentliche übersieht. Zur Unterstützung solcher im Zeichnen weniger geübter Forscher, so wie zur Entwerfung der Zeichnung nach einem bestimmten Maassstabe, dient eine Reihe von Apparaten, von welchen wenigstens einer jedem Mikroskope beigegeben sein sollte.

Die meisten dieser Apparate projiciren das mikroskopische Bild auf ein neben dem Mikroskope liegendes Papier, so dass man nur mit dem Bleistifte den Umrissen des Bildes zu folgen braucht, um eine in Hinsicht auf die Proportionen richtige Skizze desselben zu erhalten. Die weitere Ausführung der Zeichnung geschieht alsdann aus freier Hand.

Die Anwendung dieser Apparate erfordert eine horizontale Stellung der Mikroskopröhre, wenigstens ihres oberen Theiles. Da, wie oben gezeigt, wenigstens für die meisten Fälle die horizontale Stellung des Objecttisches unumgänglich nothwendig ist, so ist es, um von einem solchen Zeichnungsapparate ausgedehnten Gebrauch machen zu können, nothwendig, dass der untere Theil der Mikroskopröhre (Tab. IV. fig. 6. m) sich in senkrechter Lage befindet, während man dem obern Theile n unter Einsetzung eines rechtwinkligen, als Spiegel wirkenden Prismas s eine horizontale Richtung ertheilt. Dieser horizontale Theil muss eine ziemliche Länge haben, damit das an demselben befestigte Ocular über den Fuss des Mikroskopes um 4 bis 5″ vorsteht, indem sonst ein Theil des Bildes nicht auf das Papier, sondern auf den Fuss des Mikroskopes fällt und somit für den Zweck des Zeichnens verloren geht. Wenn man nun vor dem eine horizontale Richtung besitzenden Oculare einen auf dem Princip der *Wollaston*'schen Camera lucida beruhenden Apparat anbringt, so ist klar, dass ein in senkrechter Richtung über diesem Apparate befindliches Auge durch denselben in das Mikroskop und zu gleicher Zeit neben demselben hinab auf ein auf dem Tische liegendes Papier sieht und auf diesem das mikroskopische Bild zu erblicken glaubt. Umgekehrt kann man auch den Apparat in der Stellung anbringen, dass man neben demselben vorüber in horizontaler Richtung in das Mikroskop und durch die Camera lucida auf das auf dem Tische liegende Papier sieht. Der Erfolg ist in beiden Fällen ein etwas verschiedener; bei der ersteren Anwendung der Camera lucida sieht nämlich das Auge sowohl das Papier, als das auf demselben projicirte Bild in horizontaler Lage auf dem Tische liegen, also in der Stellung, in welcher wir zu zeichnen gewohnt sind; bei der zweiten Anwendung des Apparates dagegen zeigen sich beide Bilder in senkrechter Stellung, was zwar das Nachzeichnen auf dem Papiere nicht hindert, aber doch erschwert, wenigstens bis man sich durch längere Uebung an dieses Ver-

hältniss gewöhnt hat. Ich ziehe aus diesem Grunde die erstere Stellung unbedingt vor; allein dieselbe hat allerdings auch einen Nachtheil. Wenn man nämlich durch den Zeichnungsapparat in das Mikroskop sieht, so erblickt man wegen der am Spiegel des Apparates stattfindenden Reflexion, die immer mit einem Lichtverluste verbunden ist, das mikroskopische Bild weniger scharf, als wenn man direct ins Mikroskop sieht, während man von dem Papier und der zeichnenden Hand, da man sie mit freiem Auge sieht, ein sehr scharfes Bild erhält. Da es nun zum Behufe der Zeichnung offenbar besser ist, an dem Bilde der zeichnenden Hand einen Theil der Schärfe aufzuopfern und das mikroskopische Bild schärfer zu haben, als umgekehrt, so ziehen einige, z. B. *Chevalier*, die zweite Anwendung dieser Zeichnungsapparate vor.

Man könnte als Zeichnungsapparat, wenigstens beim Gebrauche schwacher Oculare, die *Wollaston*'sche Camera lucida selbst anwenden, allein es würde dieses einen bestimmten Nachtheil haben. Da nämlich das in die Mikroskopröhre eingesetzte Prisma als Spiegel wirkt, durch welchen zwar nicht Rechts und Links, aber Oben und Unten umgekehrt wird, und da in dem Prisma der *Wollaston*'schen Camera lucida zwei weitere, in der gleichen Richtung stattfindende Spiegelungen hinzukommen, so wird in Folge dieser dreifachen Spiegelung das durch die Camera lucida auf das Papier geworfene Bild des Objectes ein Spiegelbild von demjenigen Bilde darstellen, welches man erhält, wenn man nach Entfernung des Prismas und des Zeichnungsapparates das Ocular auf die senkrechte Mikroskopröhre aufschraubt, um die Zeichnung aus freier Hand auszuführen. Hiebei wäre es nun in hohem Grade störend, wenn die Skizze ein Spiegelbild des mikroskopischen Bildes darstellen würde. Man müsste also, um diesem Uebelstande auszuweichen, die Zeichnung des Bildes durch die horizontale, mit dem Prisma versehene Röhre ausführen, was ich nicht blos unbequem finde, sondern was den grossen Nachtheil mit sich führt, dass das mikroskopische Bild

durch das Prisma und durch die verlängerte Röhre weniger scharf erscheint, als durch die senkrechte Röhre nach Herausnahme des Prismas.

Dem Uebelstande, bei der Zeichnung ein Spiegelbild des Objectes zu erhalten, entgeht man, wenn man vor dem Oculare eine Camera lucida anbringt, welche anstatt zweier aufeinander folgender Reflexionen nur eine einzige bewirkt.

Die gewöhnlichste hiezu dienende Vorrichtung ist der sogenannte *Sömmerring*'sche Spiegel, welcher nichts anderes, als ein ebenes Metallspiegelchen von etwa 1‴ Durchmesser ist, welches vor dem Oculare unter einem Winkel von 45° gegen die Achse des Mikroskopes geneigt und mit seiner polirten Fläche nach oben gewendet befestigt wird (Tab. IV. fig. 6. t). Ein senkrecht über dem Spiegelchen befindliches Auge wird durch dasselbe (nach der Richtung der Linien u) in das Mikroskop sehen, folglich das mikroskopische Bild erblicken, zugleich aber, weil das Spiegelchen bei seiner geringen Grösse die Pupille nicht ganz verdeckt, noch neben dem Spiegelchen vorüber nach der Richtung v. v. auf das unterliegende Papier sehen. Günstig ist es, wenn der Rand des Spiegelchens nicht rechtwinklig gegen seine obere Fläche, sondern in schiefer Richtung gegen die hintere Fläche desselben zu abgeschliffen ist (wie bei t in fig. 6 und e in fig. 9), indem bei dieser Form das Auge nicht gehindert ist, unmittelbar neben dem Rande der spiegelnden Fläche auf das Papier abwärts zu sehen; auch ist es passend, dem Spiegelchen keine kreisförmige, sondern eine elliptische Form zu geben, damit es sich bei der angegebenen diagonalen Stellung dem senkrecht abwärts sehenden Auge kreisförmig darstellt.

Der mechanische Theil des Spiegelchenapparates lässt mannigfache Abänderungen zu. Am einfachsten ist es, das Spiegelchen an einem mit der Mikroskopröhre parallelen Fortsatze (Tab. IV. fig. 13. b. 14. b), welcher an einem auf das Ocular aufzusteckenden Ringe a sich befindet, in fester Stellung aufzuschrauben (nach

Amici); andere ziehen es dagegen vor, dasselbe an einem kleinen, in jeder Richtung beweglichen Gestelle zu befestigen, um jedesmahl beim Gebrauche die günstigste Stellung heraussuchen zu können. Bequem ist in dieser Beziehung die von *Plössl* getroffene Einrichtung (Tab. IV. fig. 9, 10), diesen Apparat an einem ziemlich weiten Metallringe a zu befestigen, welcher durch Stellschrauben b. b. b. an Oculare von den verschiedensten Dimensionen befestigt werden kann.

Anstatt des *Sömmerring*'schen Spiegelchens kann man ein sehr kleines rechtwinkliges Glasprisma (auf Tab. IV. fig. 11. c. in wahrer Grösse dargestellt), dessen Seitenflächen etwa eine Quadratlinie gross sind, anwenden. Ich finde jedoch nicht, dass dasselbe gerade einen Vorzug vor dem *Sömmerring*'schen Spiegel verdient. Nicht unpassend ist es, nach dem Vorgange von *Oberhäuser* oberhalb dieses Prismas einen geschwärzten Metallring von etwa $^1/_4$'' Oeffnung anzubringen (Tab. IV. fig. 11. d), um fremdes Licht von demselben abzuhalten.

Ein noch einfacherer, von *Amici* angegebener Apparat besteht aus einer etwa 8 Millim. dicken, gut polirten Glasplatte (Tab. IV. fig. 12. b), welche in diagonaler Richtung vor dem Oculare a befestigt wird, und von deren vorderer Seite das Bild des Mikroskopes reflectirt wird, während das Auge durch die Platte hindurch auf das Papier sieht.

Mag man nun einen oder den andern dieser Apparate benützen, so ist es nöthig, um zu gleicher Zeit das mikroskopische Bild und den Bleistift, mit dem man zeichnet, deutlich zu sehen, die Beleuchtung so zu reguliren, dass weder das mikroskopische Bild durch den Spiegel des Mikroskopes, noch das Zeichnungspapier durch das Tageslicht überwiegend stark beleuchtet ist. In den meisten Fällen wird man eher das Zeichnungspapier etwas zu beschatten, als das Licht des Mikroskopes zu schwächen haben. Es sind dabei wenige Versuche hinreichend, um den rechten Grad der Beleuchtung zu ermitteln. Nach *Reade* soll eine Erleich-

terung darin liegen, dass das Mikroskop durch starkes Lampenlicht und das Papier durch das Tageslicht beleuchtet wird (*Pritchard*, microsc. illustr. 129); ein Mittel, welches anzuwenden ich niemahls nöthig fand. *Amici* findet es zur Erleichterung des Zeichnens passend, auf schwarzes Papier mit weisser Kreide zu zeichnen. Dieser Vorschlag wäre vortrefflich, wenn wir ein weisses Zeichnungsmaterial hätten, welches erlaubte, so feine Linien, wie mittelst eines Bleistiftes, zu ziehen.

Die oben als zweite Anwendungsweise aufgeführte Einrichtung des Zeichnungsapparates wurde von *Amici* eingeführt, welchem *Chevalier* folgte. Es wird dabei ein metallener, in der Mitte von einer senkrechten Spalte (*Amici*) oder einer runden Oeffnung (Tab. IV. fig. 15. b nach *Chevalier*) durchbrochener Spiegel in diagonaler Richtung in der Art vor das Ocular L L gestellt, dass seine polirte Seite vom Oculare abgewendet und nach unten gerichtet ist. Das Auge sieht durch diese Oeffnung in das Mikroskop in der Richtung a, und zugleich wird in dasselbe durch den Metallspiegel das Bild des Papieres und Bleistiftes reflectirt. Die von diesen ausgeschickten Strahlen c gelangen jedoch nicht direct zu dem Metallspiegel, indem man sonst ein Spiegelbild zeichnen würde, sondern werden auf den Metallspiegel durch ein vor und etwas unter demselben stehendes, rechtwinkliges Glasprisma d reflectirt. *Amici* selbst scheint in der neueren Zeit den *Sömmerring*'schen Spiegel vorzuziehen, indem er seinen neueren Mikroskopen diesen und nicht den vorhin beschriebenen Apparat beigibt.

Ein anderes Hülfsmittel, um die Zeichnung der durch das Mikroskop gesehenen Körper zu erleichtern, und dieselben zugleich in derselben Grösse, wie sie das Mikroskop darstellt, oder auch in einer beliebigen andern, jedoch bestimmten Grösse zu zeichnen, wendete *Francis Bauer* an (on making Drawings of microscopic Subjects, in *Pritchard's* und *Goring's* micrographia. 221). Er wendete zur Entwerfung der Zeichnung ein Mikroskop

an, in dessen Oculare ein in Quadrate getheilter Glasmikrometer lag, dessen Linien so weit auseinanderstanden, dass dem Zwischenraume zwischen je zweien derselben ein $^1/_{400}$'' im Durchmesser haltender Theil des Objectes entsprach. Er zog nun auf seinem Zeichnungspapier Quadrate, deren Seiten 1'' lang waren und zeichnete in jedes derselben den Theil des Objectes, welcher in dem entsprechenden Quadrate des Mikrometers sichtbar war. Die Zeichnung stellte unter diesen Umständen das Object genau 400-mahl vergrössert dar. Theilte er das Zeichnungspapier in Quadrate von $^1/_2$'' Seite, so stellte die Zeichnung das Object 200mahl vergrössert vor u. s. w.

Wollte er einen Theil eines opaken thierischen Organes z. B. die innere Fläche des Magens zeichnen, welche Theile er unter Wasser beobachten musste, und wobei er keinen Glasmikrometer anwenden konnte, so benützte er silberne Platten von etwa 1 Quadratzoll Grösse, aus welchen eine viereckige Oeffnung von $^1/_{10}$ bis $^1/_2$'' Seitenlänge ausgeschnitten war. Diese Platten legte er so auf, dass der zu zeichnende Theil durch die Oeffnung zu sehen war. Das Zeichnungspapier war ebenfalls in Quadrate z. B. von drei Zoll Breite getheilt, in welche er den durch die Oeffnung der Platte sichtbaren Theil einzeichnete, wo alsdann, wenn diese Oeffnung $^1/_{10}$'' breit war, die Zeichnung 30mahl vergrössert wurde.

Aufbewahrung mikroskopischer Objecte.

Es ist wohl vollkommen überflüssig, den Nutzen auseinanderzusetzen, welchen die Aufbewahrung mikroskopischer Objecte in einem zu augenblicklicher Untersuchung geeigneten Zustande besitzt, indem zu Gunsten eines solchen mikroskopischen Cabinets so ziemlich alle die Gründe anzuführen wären, welche für die Anlegung von naturhistorischen, anatomischen und physiologischen Sammlungen überhaupt sprechen. Leider lässt aber die Kunst, mikroskopische Objecte in einem unveränderten Zustande aufzubewahren, obgleich in der neueren Zeit in derselben sehr bedeutende Fortschritte gemacht wurden, noch manche Wünsche unbefriedigt, indem für manche Objecte noch gar keine passende Aufbewahrungsmethode aufgefunden wurde und für andere nur solche Methoden bekannt sind, deren Ausführung einen nicht unbedeutenden Zeitaufwand verursacht.

Die frühere Methode zur Aufbewahrung trockener Substanzen (Schuppen von Schmetterlingsflügeln u. s. w.) Schieber von Holz oder Elfenbein zu verwenden, in welche eine Reihe runder Oeffnungen gebohrt war, welche zwei zur Aufnahme eines Objectes bestimmte Glasplättchen oder Glimmerscheibchen enthielten, die in der Oeffnung mittelst eines elastischen Drahtringes festgehalten wurden, taugt nicht viel, indem diese Gläschen zur Aufnahme einer grossen Anzahl von Objecten viel zu klein sind, starke Objective denselben oft nicht gehörig genähert werden können, die Drahtringe bald keinen gehörigen Verschluss be-

wirken, bald zu stark die Gläser aufeinanderdrücken u. s. w. Es ist daher weit besser, gar keine Fassungen für die Gläser zu gebrauchen, sondern sich eine Anzahl von Spiegelgläsern von etwa 7 Centimetern Länge und 2 Centimetern Breite im Vorrathe zu halten und die aufzubewahrenden Objecte zwischen zwei solcher Glasstreifen zu legen, den Druck auf die Objecte durch ein Paar zwischen die Gläser gelegte Papierstreifen zu verhüthen und durch Verkleben der Ränder durch Papierstreifen den Staub abzuhalten.

Manche Objecte, wie z. B. Schmetterlingsschuppen haften von selbst durch Adhäsion an den Glasplatten so fest, dass keine Vorsichtsmassregel gegen ihr Herausfallen zu nehmen ist. Ist dieses nicht der Fall, so klebt man auf eines der Gläser ein Papier, welches einen oder mehrere Ausschnitte (die man am bequemsten mit einem Durchschlage verfertigt) besitzt, legt die Objecte in die durch diese Ausschnitte gebildeten Vertiefungen, bedeckt das Ganze mit der zweiten Glasplatte und verbindet beide Glasplatten durch zwei um ihre Enden herumgeklebte Papierstreifen. Hiebei hat man blos auf die Dicke der Glasplatten Rücksicht zu nehmen, indem wenigstens eine derselben als Deckglas bei der Untersuchung dienen und desshalb eine für das anzuwendende Mikroskop passende Dicke haben muss, wenn man bei späteren Untersuchungen ein reines Bild bekommen soll. Schliesst man daher Probeobjecte, welche zur Prüfung starker Mikroskope dienen sollen, zwischen Glasplatten ein, so nehme man zur unteren ein Spiegelglas und bedecke das Object mit einem dünnen pariser Deckplättchen, welches man mittelst eines Papiers, das über der Mitte des Deckplättchens einen Ausschnitt hat, festklebt.

Beim Aufbewahren trockener Objecte ist man dem unangenehmen Umstande ausgesetzt, dass sich an den Gläsern und Objecten leicht eine fettartige Flüssigkeit in Tröpfchen niederschlägt, welche zarte Objecte, namentlich zu Probeobjecten dienende Schmetterlingsschuppen häufig zu genauer Untersuchung untauglich macht. Gegen diesen Uebelstand kenne ich kein an-

deres Mittel, als das Verkitten der Ränder mittelst eines luftdicht schliessenden Firnisses.

Zur trockenen Aufbewahrung eignen sich verhältnissmässig wenige mikroskopische Objecte, weniger desshalb, weil nicht die Mehrzahl der vegetabilischen oder thierischen Substanzen im trockenen Zustande die nöthige Dauer besitzen würde, sondern desshalb, weil die meisten organischen mikroskopischen Objecte, um ihre Structur deutlich erkennen zu lassen, unter Wasser untersucht werden müssen. Es ist daher mehr eine Anzahl von Testobjecten (Insectenschuppen, Haare u. s. w.), die sich für diese Aufbewahrung eignen, als Präparate, die zu wissenschaftlichem Gebrauche dienen. In dieser letzteren Beziehung machen jedoch viele Infusionsthiere eine Ausnahme, von welchen *Ehrenberg* fand, dass sie am besten auf Glasplatten aufgetrocknet sich aufbewahren lassen.

Die meiste Bequemlichkeit neben der trockenen Aufbewahrung der Objecte gewährt ihre Aufbewahrung in harzartigen Substanzen. Für vegetabilische Substanzen eignet sich diese Methode durchaus nicht, indem die Zellmembranen derselben viel zu durchsichtig werden, um noch deutlich gesehen zu werden, dagegen findet diese Methode bei thierischen Präparaten eine desto ausgedehntere Anwendung, insoferne die Knochen- und Zahnsubstanz, injicirte Membranen, Knorpel, durch Säuren erweichte Zähne und Knochen u. s. w. in einer zwischen zwei Gläsern eingeschlossenen Schichte von canadischem Balsam, reinem Terpentin, Copal- oder Bernsteinfirniss aufbewahrt, und vor jeder Veränderung geschützt werden können. Eignen sich solche Präparate mehr zur Beobachtung mittelst der Beleuchtung von oben, als mittelst des durchgehenden Lichtes, so kann man sie auch zuweilen ohne Glasbedeckung lassen und nur firnissen. Jedenfalls müssen aber solche von oben zu betrachtende Präparate einen schwarzen Hintergrund erhalten, wozu je nach den Umständen schwarzes Papier, schwarzer Sammt u. s. w. genommen wird.

Viele Mühe macht die Aufbewahrung mikroskopischer Substanzen in Wasser und wässerigen Flüssigkeiten. Man hat auf zweierlei Rücksicht zu nehmen, einmahl auf einen vollkommen hermetischen Verschluss und zweitens auf die Wahl einer Flüssigkeit, in welcher das Präparat mit der Zeit keine Veränderung erleidet.

Die erstere Rücksicht ist allerdings keine absolut nothwendige. Man kann nämlich, wie dieses *Griffith* (Annals and magaz. of nat. history XII. 114) rathet, eine Menge vegetabilischer Präparate dadurch conserviren, dass man sie zwischen Glasplatten legt, diese durch zwei um ihre Enden gebundene Fäden vereinigt und diese Gläser in einer weithalsigen Flasche in verdünntem Weingeiste aufbewahrt. Diese Methode ist jedoch eine unvollkommene, indem auf diese Weise die Präparate leicht zwischen den Gläsern herausfallen können, sich in der Sammlung keine Ordnung halten lässt, das Heraussuchen einzelner Präparate mit Umständen verbunden ist u. s. w. Man geht daher allgemein in der neueren Zeit darauf aus, das einzelne Präparat zwischen zwei Glasplatten in eine passende Flüssigkeit einzuschliessen und das Verdunsten von dieser durch Verkittung der Gläser unmöglich zu machen.

In Beziehung auf die Aufbewahrung vegetabilischer Präparate verdient vor allem die Methode von Dr. *Oschatz* erwähnt zu werden, welche diesen Zweck auf eine für die meisten Fälle vollkommen geeignete Weise erfüllt. *Oschatz* nimmt zur untern Platte ein Spiegelglas, auf welches er an den Stellen, auf welche später das Präparat zu liegen kommt, ein rundes Blättchen von dem aus Ichthyokollamasse verfertigten sogenannten Glaspapiere aufklebt. Er überstreicht nun die ganze Glasplatte mit einem schnell trocknenden Firnisse, dessen Hauptbestandtheil Asphalt zu sein scheint und welcher in Paris unter dem Namen nouveau vernis a tableaux (nro 3) et pour retoucher la peinture à l'huile bei den Gebrüdern *Soehnée*, rue neuve de la Fidelité. 22 zu

haben ist. Nachdem der Firniss getrocknet ist, werden jene Ichthyokollaplättchen, welche leicht abspringen, vom Glase entfernt, wonach die rings um diese Stellen zurückbleibende Firnissschichte die flachen Vertiefungen, in welche die Präparate zu liegen kommen, bildet. In diese Vertiefungen wird nun ein Tropfen Zuckerwasser *) gebracht (der Zucker ist beigesetzt, um die anfangende Zersetzung zu hindern, welche oft ohne diese Vorsichtsmassregel eintritt und mit einer Trübung der Flüssigkeit verbunden ist), ein dünnes Deckgläschen so aufgelegt, dass keine Luftblase mit eingeschlossen wird, am Rande desselben das überflüssige Wasser mit Fliesspapier weggenommen und die Ränder des Deckgläschens (welche matt geschliffen sein sollen) mit dem obengenannten Firnisse umgeben und dadurch das Gläschen auf die untere, die Spiegelglasplatte überziehende Firnissschichte aufgeklebt. Nach dem Trocknen des Firnisses wird die Glasplatte auf beiden Seiten mit Papier überklebt, welches den Präparaten gegenüber einen Ausschnitt besitzt. Das Verdunsten des Wassers ist vollkommen abgeschnitten, die Präparate halten sich, wenn man von den Farbstoffen, von Chlorophyll u. drgl. absieht, vortrefflich und es ist nur die Vorsicht zu gebrauchen, dass man die Gläser vor Erwärmung schützt, sogar nicht einmahl in die Sonne legt, indem der Firniss dadurch leicht erweicht wird.

Ganz analoge Methoden wurden in England bekannt gemacht. *Griffith* (Annals and magaz. of nat. history. XII. 115) räth als Aufbewahrungsflüssigkeit vegetabilischer Präparate vorzugsweise die *Goadby*'sche Flüssigkeit **) an. Er bringt zu dem unter

*) Bei thierischen Präparaten verwendet *Oschatz* ebenfalls zum Theile Zuckerwasser und gibt an, dass sich namentlich Blutkörperchen und einige Infusorien, z. B. Euglena sehr gut in demselben hielten, vorzugsweise aber wendete er Arsenikauflösung an.

**) Diese besteht ans 4 Unzen Seesalz, 2 Unzen Alaun, 4 Gran ätzendem Sublimat, welche in 2 Quart (2,27 Litres) siedendem Wasser aufgelösst werden.

einem dünnen Deckgläschen liegenden Präparate so viel von dieser Flüssigkeit, dass der Raum unter dem Deckgläschen gerade ausgefüllt wird und verbindet nun die Ränder des Gläschens mit der als Unterlage dienenden Glasplatte durch alten Goldgrund (gold size), welcher durch innige Mischung mit Lampenschwarz verdickt ist. Wenn das Object dick ist, so räth *Griffith*, dasselbe in eine Aushöhlung, welche in die untere Platte eingeschliffen ist, zu legen, oder auf die untere Platte eine etwas kleinere Platte, welche von einem runden oder viereckigen Loche durchbohrt ist, mit Firniss oder Canadabalsam aufzukleben und auf diese Aushöhlung das Deckgläschen mit Goldgrund aufzukitten *). Eine solche Zelle kann auch durch Bleifirniss, der mit Oel gemengt ist, oder durch weisse Malerfarbe gebildet werden, welche man zu wiederholtenmahlen auf die untere Platte in Form eines Ringes aufträgt, bis der von ihr umschlossene Raum die gehörige Tiefe hat.

Eine andere von *Berkeley* (annal. of nat. history. XV. 104) beschriebene Methode rührt von *Thwaites* her, welcher sie zur Aufbewahrung von Algen verwendete. Derselbe bildete auf Glasplatten ringförmige Zellen von Goldgrund, welche er für die Aufbewahrung von Süsswasseralgen mit einer Mischung von 1 Theile Alcohol mit 14 Theilen Wasser, für die Aufbewahrung von Salzwasseralgen mit der *Goadby*'schen Flüssigkeit füllte, nachdem er vorher den Rand der Zelle mit einem frischen Ueberzuge von Goldgrund versehen hatte, um das Deckgläschen mittelst desselben festzukleben. Zu grösserer Sicherheit werden noch eine oder mehrere Lagen von Goldgrund über den Rand des Gläschens gestrichen und wenn das Ganze trocken ist, ein Firniss von Siegellack darüber gedeckt.

Mit diesen beiden Flüssigkeiten war dagegen *William Reckitt*

*) Wohlfeiler, als in eine Glasplatte Löcher bohren zu lassen, ist offenbar die Methode *Oberhäusers*, von Glasröhren Ringe abzusägen, auf den Schnittflächen eben zu schleifen und diese auf eine ebene Glasplatte aufzukitten.

(annal. of nat. hist. XV. 242) zur Aufbewahrung von vegetabilischen Präparaten nicht zufrieden, namentlich nicht mit der *Goadby*'schen Auflösung. So gut diese zur Aufbewahrung von thierischen Substanzen sich eigne, so zerstöre sie das Endochrom von Zygnema, von Conferven, die Pollenröhren u. s. w. Er verwendete daher bloses Wasser als Aufbewahrungsflüssigkeit. Zur Verfertigung der Zelle verwendete er alten schwarzen Lackfirniss (black japan), von welchem er eine ringförmige Schichte aufträgt, die in 24 Stunden trocknet. Das Deckgläschen wurde mit demselben Firniss aufgekittet, von welchem er in Zeit von einigen Tagen drei Schichten aufträgt.

Zur Aufbewahrung thierischer Präparate gibt *Purkinje* (*Wagner*'s Handwörterb. der Physiol. Artic. Mikroskop) den Rath, theils Wasser, theils verdünnte Essigsäure, verdünntes ätzendes Kali, Salzwasser oder *Goadby*'s Flüssigkeit, Oel zu verwenden. Er gebraucht Glasscheiben von ½ bis 2 Zoll Durchmesser und als Deckglas Glasscheiben, welche etwa 1‴ kleiner sind. Zwischen beide Glasscheiben werden einige Wachskügelchen gelegt, um das Präparat vor Quetschung zu schützen. Nachdem das Präparat auf der unteren Glasscheibe in der gewählten Flüssigkeit ausgebreitet und die obere Platte aufgelegt ist, wird der Raum zwischen beiden Scheiben mit der Flüssigkeit ausgefüllt, der vorstehende Rand der untern Scheibe mit Fliesspapier getrocknet und der Winkel zwischen beiden Scheiben mit Copal- oder Asphaltfirniss, von welchen *Purkinje* hauptsächlich den ersteren lobt, so ausgefüllt, dass der Firniss sich bis an den Rand des untern Gläschens ausbreitet und über den Rand des oberen gleichmässig übergreift. Man wiederholt mehrere Tage lang während des Trocknens des Firnisses das Ueberstreichen desselben mit neuen Schichten und setzt endlich das Ganze in einen kleinen Rahmen ein. Als einen übeln Umstand beklagt *Purkinje*, dass die Präparate häufig nachdunkeln; bei vielen, hauptsächlich denjenigen, welche fibroses Gewebe als Bestandtheil haben, kann

dieses durch verdünnte Essigsäure verhindert werden. Bei den horngewebigen und knorpligen räth *Purkinje* einen kleinen Zusatz von verdünntem caustischem Kali an.

Um die beschwerliche Verkittung der Gläser unnöthig zu machen, wählte Prof. *Harting* in Utrecht zur Aufbewahrung mikroskopischer Präparate eine gesättigte Auflösung von Chlorcalcium. Für die meisten phytotomischen Präparate ist diese Aufbewahrungsflüssigkeit sehr geeignet; da sie jedoch auf einige vegetabilische Stoffe auflösend einwirkt, so kann sie nicht in allen Fällen die Methode von *Oschatz* ersetzen. Namentlich schwellen in der Auflösung von Chlorcalcium die Stärkmehlkörner wie in siedendem Wasser auf, ferner werden die Zellen des hornartigen Albumens von Phytelephas u. s. w. theilweise aufgelösst, die Chlorophyllkörner verändert, der Primordialschlauch contrahirt. Ein weiterer nicht günstiger Umstand beruht auf dem bedeutenden Lichtbrechungsvermögen dieser Flüssigkeit, welches verursacht, dass die phytotomischen Präparate mit weniger schwarzen und scharfen Umrissen erscheinen, als wenn sie in reinem Wasser betrachtet werden. Ungeachtet dieser Uebelstände war der Gedanke *Harting's*, diese Flüssigkeit zu verwenden, ein sehr glücklicher, indem durch seine Methode viele Zeit erspart wird. Es ist nämlich nichts weiter nöthig, als einen Tropfen der Chlorcalciumauflösung auf ein Spiegelglas zu bringen, das mit Wasser getränkte und von Luftblasen vollkommen befreite Präparat hineinzulegen, je nach der Dicke desselben ein oder ein paar mit Gummilösung bestrichene Papierstreifen auf die Enden der Glasplatte aufzulegen und eine zweite Glasplatte über die erste zu decken. Dieselbe wird schon durch jene Papierstreifen hinreichend fest auf die untere Glasplatte aufgeklebt, grösserer Sicherheit wegen kann man aber auch noch beide Glasplatten durch zwei an den Enden um dieselben gelegte Papierstreifen zusammenkleben. Da die Chlorcalciumauflösung sehr dickflüssig ist, so haftet sie durch Adhäsion fest zwischen den Glasplatten, man

hat desshalb keine besondere Vorrichtung nöthig, um ihr Ausfliessen zu verhindern. Man muss sich nur hüthen, dass man keine zu grosse Menge von der Flüssigkeit zwischen die Glasplatten bringt, indem sie, wenn dieses geschieht, leicht mit dem Gummi in Berührung kommt, mit welchem die Papierstreifen, welche die Glasplatten verbinden, aufgeklebt sind. Es bringt dieses jedoch keinen Schaden, wenn man die Glasplatten noch durch zwei von aussen um dieselben gelegte Papierstreifen zusammengeklebt hat.

Für die Aufbewahrung von thierischen Präparaten eignet sich die Auflösung von Chlorcalcium nach den Versuchen von *Harting* nur in selteneren Fällen. Es lassen sich zwar in derselben die Knochen- und Zahndurchschnitte, die Bündel der Sehnen, Muskelfasern, *Henle's* gefensterte, die Längefaserhaut und Ringfaserhaut der Arterien aufbewahren, dagegen passt die Flüssigkeit nicht für Nervenröhren. Kleinere Insecten, wie Acarus blieben in dieser Flüssigkeit schön, nicht aber die Infusorien. Die nicht gepanzerten Bacillarien und die Oscillatorien wurden in wenigen Minuten aufgelösst.

Berichtigungen.

Zu pag. 66. Aus einer während des Drucks der vorliegenden Schrift erschienenen Abhandlung von *Harting* (Bijdragen tot de Geschiedenis der Mikroskopen in ons Vaderland) ist zu ersehen, dass es nicht, wie oben nach der gewöhnlichen Annahme angegeben wurde, *Fraunhofer* war, welchem die Verfertigung der ersten guten achromatischen Mikroskopobjective zuzuschreiben ist, sondern dass schon am Ende des vorigen Jahrhunderts von *François Beedsnijder* in Amsterdam solche Objective von ziemlicher Güte verfertigt wurden und dass im Jahre 1807 *Herman van Deyl* achromatische Mikroskopobjective in solcher Vollkommenheit verfertigte, dass dieselben nicht blos eine weit kürzere Brennweite (13 Millimeter), als alle sonstigen in späterer Zeit bis auf *Amici* verfertigten besassen, sondern auch an Güte den gleich starken eines *Amici*'schen Mikroskops gleichkommen. Zugleich machte *Harting* darauf aufmerksam, dass *Fraunhofer* nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, im Jahre 1815 seine ersten Mikroskopobjective verfertigte, sondern schon im Jahre 1811 achromatische Mikroskope in seinem Preisverzeichnisse aufführte.

pag. 147. L. 16 lies feinen statt freien.

Erklärung der Tafeln.

Tab. I.

Fig. 1. Vom Hauptfocus F auf eine Linse L L′ in divergirender Richtung auffallende Strahlen treten in paralleler Richtung A A′ A″ auf der andern Seite der Linse aus.

Fig. 2. Von einem ausserhalb des Hauptfocus F gelegenen Punkte G auf die Linse L L′ auffallende Strahlen treten in convergirender Richtung aus und treffen in einem Vereinigungspunkte H zusammen.

Fig. 3. Die von einem innerhalb des Hauptfocus F gelegenen Punkte G auf die Linse L L′ fallenden Strahlen treten in divergirender Richtung A, A′ A″ aus.

Fig. 4. G auf der Linsenachse innerhalb des Hauptfocus liegender Punkt. H Vereinigungspunkt der von G ausgehenden Strahlen. — G′ ein seitwärts von der Linsenachse liegender Punkt, von welchem Strahlen auf die Linse L L′ auffallen, deren Vereinigungspunkt auf der Nebenachse G′ H′ bei H′ liegt.

Fig. 5. B B′ in der Nähe der Achse A F auf die Linse L L′ fallende Parallel-Strahlen, deren Vereinigungspunkt in F liegt. C C′ Randstrahlen, f Vereinigungspunkt derselben. f F longitudinale Abweichung. G H laterale Abweichung.

Fig. 6. A B ein vor der Linse L L′ innerhalb des Hauptfocus F liegendes Object, welches Büschel divergirender Strahlen A e e gegen die Linse ausschickt. A E und B D durch das Centrum C der Linse gehende Strahlen, welche Nebenachsen bilden, a b das dem Auge vergrössert erscheinende Bild von A B.

Fig. 7. A′ A″ parallel mit der Achse A auf eine Linse auffallende Strahlen; v Vereinigungspunkt der violetten, r Vereinigungspunkt

der rothen Strahlen. b Punkt, in welchem sich die violetten und rothen Strahlen schneiden.

Fig. 8. A Convexlinse aus Kronglas, B Concavlinse aus Flintglas. a a′ auf die Linse fallende Parallelstrahlen, v′ v′ violette aus der Convexlinse austretende Strahlen, v Vereinigungspunkt derselben, r′ r′ rothe aus der Linse austretende Strahlen, r Vereinigungspunkt derselben. F Brennpunkt der durch die Flintglaslinse vereinigten Strahlen.

Fig. 9. Weg von divergirenden Strahlen durch ein Planglas A A′. Die vom Punkte B ausgehenden Strahlen B a a und B b b haben nach ihrem Austritte aus der obern Fläche des Glases eine solche Lage c d und e f angenommen, dass sie rückwärts verlängert sich auf einem oberhalb B gelegenen Punkte der Achse B C schneiden und zwar die der Achse näher liegenden Strahlen in einem weniger stark über B in die Höhe gehobenen Punkte, als die von der Achse stärker divergirenden Strahlen.

Fig. 10. Beleuchtungsprisma von *Selligue* mit einer geraden A B und zwei convexen Flächen A C und C B. Die parallel einfallenden Strahlen a a′ a″ werden von der geraden Fläche A B reflectirt und vereinigen sich nach ihrem Austritte in einem Focus F.

Fig. 11. Weg der Lichtstrahlen a a′, welche parallel mit der Hypothenuse in ein rechtwinkliges Prisma A B C eintreten und nach ihrem Austreten ein Spiegelbild c c′ entwerfen.

Fig. 12. Weg der Strahlen a b c, welche senkrecht auf eine der Katheten des rechtwinkligen Prismas A B C auffallen und nach ihrem Austritte ein unter rechtem Winkel gegen das Object geneigtes Spiegelbild a′ b′ c′ entwerfen.

Fig. 13. Erläuterung des relativen Werthes einer Glaslinse G und einer Diamantlinse D, deren Hauptfocus in F liegen. Der Randstrahl der Diamantlinse schneidet die Achse in d, der Randstrahl der Glaslinse in g (nach *Pritchard*).

Fig. 14. Vergleichung einer Linse von *Sapphir* A und einer Linse von Glas B, deren gemeinschaftlicher Focus in F liegt (nach *Pritchard*).

Fig. 15. *Wilson*'sche Lupe nach einem Exemplare von *Plössl* (1/2 der wahren Grösse) a b planconvexe, mit der convexen Seite nach innen gewendete Gläser. c Blendung.

Fig. 16. *Fraunhofer*'sche Lupe (2/3 der wahren Grösse) im Durchschnitt gezeichnet.

Fig. 17. *Brewsters* mit einer eingeschliffenen Rinne versehene Kugel.

Fig. 18. *Coddington*'sche Lupe (wahre Grösse).

Fig. 19. Cylinderlupe (wahre Grösse).

Fig. 20. *Stanhope*'sche Lupe (wahre Grösse).

Fig. 21. *Wollaston's* periskopisches Mikroskop. a b zwei planconvexe Linsen, m n die zwischen denselben liegende Blendung, c d vom Objecte ausgehende Lichtbüschel.

Fig. 22. Dublet nach *Pritchard.* A Fassung der oberen Linse a, B Fassung der unteren Linse b, c Blendung.

Fig. 23. *Chevalier's* Dublet. A Fassung der obern Linse a, B Fassung der untern Linse b, c Blendung.

Fig. 24. Fassung einer einfachen Linse (nach einem *Dollond*'schen Exemplare in der wahren Grösse). Die Linse a wird durch ein auf die Fassung A aufgeschraubtes Metallplättchen B festgehalten.

Fig. 25. 26. Fassung einer Linse a zwischen zwei ebenen Metallplättchen.

Fig. 27. Stiefel (nach *Pritchard:* 1/6 der wahren Grösse). a Röhre, auf welcher das Objectiv angeschraubt ist. b Röhre des Stiefels. c Planglas, welches in den Stiefel wasserdicht eingesetzt ist.

Fig. 28. Diagonaler Stiefel (nach *Pritchard.* 1/6 der wahren Grösse). a b c haben die gleiche Bedeutung wie in Fig. 27. d rechtwinkliges Prisma.

Fig. 29. Federnde Pincette (wahre Grösse).

Fig. 30. Federnde Pincette von *Pritchard* (wahre Grösse). Ihre Arme haben eine Oeffnung zur Aufnahme des Kopfes einer Stecknadel a, an welche Korkstückchen u. drgl. b aufgesteckt werden, an welchen die Objecte befestigt sind.

Fig. 31. 32. Sicherheitsschieberhalter (nach *Pritchard.* 1/6 der wahren Grösse). a b zwei durch vier Säulen und die Leisten d d verbundene, in der Mitte durchlöcherte Platten, zwischen welchen eine dritte Platte c, welche durch die Säulen ihre Leitung erhält, verschiebbar ist und durch eine Spiralfeder in die Höhe gedrückt wird. Am untern Theile finden sich zwei seitliche Vorsprünge, um das Ganze mittelst eines Bajonettschlusses in die Oeffnung des Objecttisches einzusetzen.

Fig. 33. Horizontaler Wassertrog (nach *Pritchard*), aus einer, auf eine Glasplatte b aufgekitteten, durchbrochenen Metallplatte bestehend.

Fig. 34. Wassertrog (nach *Pritchard*) zur Beobachtung mittelst eines horizontalen Mikroskopes. a Metallplatte, welche mit einem Ausschnitte c c versehen ist. b b aufgekittete Glasplatten.

Fig. 35. Schwarz gefütterte Büchse (nach *Pritchard*. 1/6 der wahren Grösse). a hohler mit schwarzem Sammte gefütterter Conus. — b schwarzes, zum Auflegen der Objecte dienendes Tischchen. — c Federpincette.

Fig 36. Büchse für Wasserinsecten (nach *Pritchard*). — a b auf einander verschiebbare Cylinder, in deren obere Oeffnungen Glasplatten c d wasserdicht eingekittet sind. Unter der Glasplatte des äussern, obern Cylinders ist eine kleine Oeffnung eingebohrt.

Fig. 37. Lupenträger (1/2 der wahren Grösse). — a a oberer Theil des Kästchens, auf dem derselbe aufgeschraubt ist. — b b Oeffnung im Deckel des Kästchens. — c c Charniere des Lupenträgers. — d Lupe.

Tab. II.

Fig. 1. Stativ eines einfachen Mikroskopes von *Plössl* (1/2 der wahren Grösse). — a dreieckige Säule. — b Ring auf dem Deckel des Kästchens, zum Aufschrauben der Säule. — c Trieb — d Objecttisch. — e Federklammer. — f Spiralfeder, welche die Federklammer abwärts zieht. — g Linsenarm.

Fig. 2. Objecttisch d von Fig. 1 von oben gesehen. — e Federklammer.

Fig. 3. Linsenarm von Fig. 1 von oben gesehen.

Fig. 4. Stativ eines einfachen Mikroskopes von *Körner* (1/2 der wahren Grösse). — a viereckige Säule. — b Trieb. — c Stellschraube. — d Objecttisch — e drehbare Blendung. — f g Federklammern. — h Linsenarm.

Fig. 5. Ansicht des Objecttisches d der Fig. 4 von oben. — f g Federklammern.

Fig. 6. *Wollaston's* Mikroskop (1/2 der wahren Grösse). Das Stativ besteht aus zwei auseinander zuschraubenden Röhren a b. — c Objecttisch. — d Trieb zur Bewegung des Linsenarmes e. — f Fassung der untern Linse des Dublets. — g Fassung der obern Linse des Dublets. — h Blendung. — i Planspiegel. — k verstellbare Beleuchtungslinse.

Fig. 7. Stativ eines einfachen Mikroskopes von *Pritchard* (1/2 der wahren Grösse). — a cylindrische Säule. — b der aus einer viereckigen Platte bestehende Fuss. — c Trieb zur Bewegung der viereckigen, in die Säule a versenkten Stange d. — e feststehender Objecttisch. — f Linsenarm.

Fig. 8. (und Fig. 15.) Stativ eines einfachen Mikroskopes von *Pritchard* (ungefähr $^1/_8$ der wahren Grösse). — a dreiarmiger Fuss. — b Säule. — c durch ein Charnier an der Säule a befestigte zweite Säule. — d an einer verschiebbaren Hülse befestigter Beleuchtungsspiegel. — e verschiebbare Hülse, in welche eine planconvexe Beleuchtungslinse eingesetzt werden kann. — f Klammer, durch welche die Säule c festgehalten wird. — g vorspringender Kopf der Säule c. — h Röhre, welche in der Säule c verschiebbar ist. — i dreieckige Stange, welche sich in der Hülse r verschiebt, und in welche die Mikrometerschraube eingreift, deren Kopf bei k frei liegt. — l Objecttisch. — m *Gorings* Beleuchtungsapparat (vgl. Tab. V. fig. 10). — n Schieberhalter.

Fig. 9. Instrument zur Messung des Oeffnungswinkels der Objective (nach *Goring* sehr verkleinert dargestellt). — a Kerze in der Verlängerung der Achse des Mikroskopes e stehend. — b Objectiv. — c Focus desselben. — d Trieb zum Einstellen. — f um k drehbare Platte. — g Platte, auf welcher sich f dreht. — h Nadel, welche als Object dient. — i Stellschrauben, um die Nadel in die Achse des Mikroskopes zu stellen.

Fig. 10. Schieberlineal, mit welchem die Dicke der Deckgläser gemessen werden kann ($^1/_2$ der wahren Grösse).

Fig. 11 und 12. Seitenansicht und obere Ansicht des zu dem Mikroskope von *Ross* (Tab. II. fig. 16) gehörigen Linsenarmes. Derselbe (t) trägt auf der obern Seite eine gezähnte Stange, in welche der Trieb w eingreift. Auf der Mikroskopsäule ist die Hülse des Triebes um den Zapfen u horizontal drehbar.

Fig. 13. 14. Drehbare, unter dem Objecttische a angebrachte, als Blendung dienende Scheibe b. Dieselbe ist an einem Stäbchen c befestigt, welches neben einem unter der Oeffnung des Objecttisches befestigten Conus d steht, an dessen unterer Oeffnung die Scheibe weggleitet (nach *Chevalier*).

Fig. 15. Längendurchschnitt durch einen Theil der Fig. 8. Die Buchstaben haben die gleiche Bedeutung, wie bei Fig. 8.

Fig. 16. Säule des Mikroskopstativs von *Ross*. — a a a dreiarmiger, zum Zusammenlegen eingerichteter Fuss. — b cylindrische Säule. — c Kopf derselben, von einer dreieckigen Oeffnung durchbohrt. — f f dreieckige, mit abgestumpften Kanten versehene Röhre, welche durch die Oeffnung des Kopfes e und durch die Hülse g ihre Leitung erhält. — i Mikrometerschraube, welche die Röhre f

bewegt. — o Kopf der Mikrometerschraube i. — s dreieckige Säule, welche in der Röhre f durch den Trieb t verschoben wird. — v Spalte in der Säule b, durch welche der Kopf des Triebes t vorsteht.

Fig. 17. Obere Ansicht des Objecttisches meines Mikroskopes ($^1/_2$ der wahren Grösse). — a hinterer Theil des Objecttisches, mit welchem er an die dreieckige Säule des Stativs angeschraubt ist. — b Messingplatte, welche in ihrer Form mit dem Objecttische übereinstimmt und mit ihrem hintern Ende auf denselben aufgeschraubt ist. — c drehbare Scheibe. — f Stelle, an welcher die durch den Objecttisch laufende Mikrometerschraube auf die Platte b trifft.

Fig. 18. Seitenansicht desselben Objecttisches (fig. 17). Die Buchstaben a, b und c haben dieselbe Bedeutung, wie bei fig. 17. — d d zwei schwalbenschwanzförmige, unter dem Objecttische in querer Richtung verlaufende Leisten, zwischen welche ein in der Mitte durchbohrter Schieber e eingeschoben wird, an welchem die Scheibe c befestigt ist. — f Mikrometerschraube.

Tab. III.

Fig. 1. Stativ eines grossen Mikroskopes von *Plössl* ($^1/_2$ der wahren Grösse). — a dreieckige Säule. — b b zum Zusammenlegen eingerichteter Fuss. — c Stift, an den sich der vordere, seitliche Fuss, wenn er zurückgeschlagen wird, anlegt. — d Spiegel, auf dem mittleren Fusse befestigt, um seine Längen- und Querachse drehbar. — e Trieb. — f Mikroskopröhre. — g Ansatz zum Anschrauben der Objective. — h Röhre zum Einstecken der Oculare. — i Röhre des Oculars. — k Hülse des Objecttisches. — k′ k′ untere mit der Hülse in Verbindung stehende Platte des Objecttisches. — l an der untern Platte befestigte Schraube, welche zur Verschiebung der mittleren Platte dient. — l′ eine der zwei, an der untern Platte befestigten Leisten, zwischen denen sich die mittlere Platte des Objecttisches verschiebt. — m eine der zwei an der mittleren Platte befestigten Leisten, zwischen welchen sich die obere Platte o des Objecttisches verschiebt. — p Federklammer. — q Blendung im Oculare. — r Collectivglas. — s Ocularlinse.

Fig. 2. Zur feinen Bewegung des Objecttisches dienende Mikrometerschraube des in fig. 1 abgebildeten *Plössl*'schen Mikroskopes ($^1/_2$ der

wahren Grösse). — a Säule des Mikroskopes. — b auf dem obern Ende der Säule befestigte, mit einem Vorsprunge versehene Stahlplatte. — c c Mikrometerschraube. — d an der Säule befestigter Vorsprung. — e gabelförmige Klammer mit Stellschraube. — f Spiralfeder, welche die Mikrometerschraube abwärts zu ziehen sucht. — g Mutter der Mikrometerschraube. — h Fortsatz der verschiebbaren Hülse k.

Fig. 3. Obere Ansicht des Objecttisches desselben Mikroskopes (1/2 der wahren Grösse). — k' k' untere Platte des Objecttisches. — l an der untern Platte befestigte Schraube, welche zur Verschiebung der mittleren Platte dient. — l' l' an der untern Platte befestigte Leisten, zwischen welchen sich die mittlere Platte verschiebt. — m m an der mittleren Platte befestigte Leisten, zwischen denen sich die obere Platte verschiebt. — n an der mittleren Platte befestigte Schraube, durch welche die obere Platte verschoben wird. — o obere Platte. — p Federklammer.

Fig. 4. Die zum Beleuchtungsapparat des *Oberhäuser*'schen Mikroskopes (Tab. III. fig 8) gehörende Hebelvorrichtung, von oben gesehen (2/3 der wahren Grösse). — s s ringförmige Büchse, welche in der ringförmigen Erweiterung des Hebels t an den Schrauben w w aufgehängt ist. — v Charnier, in welchem sich der Hebel dreht. — t' Feder, welche den Hebel in der Spalte, in welcher er auf- und abgeschoben wird, festhält.

Fig. 5. Bewegliche Blendung des *Oberhäuser*'schen Mikroskopes (fig. 8) in wirklicher Grösse.

Fig. 6. Der Beleuchtungsapparat von *Dujardin* (wahre Grösse). Derselbe enthält drei achromatische, mit der Planseite nach oben gewendete Linsen a b c.

Fig. 7. Durchschnitt durch eine mit einem *Lieberkühn*'schen Spiegel versehene achromatische Linse (wahre Grösse). - a Fassung der Objectivlinse. — b Fassung des Spiegels. — c silberner, in der Mitte durchbrochener Spiegel.

Fig. 8. Grosses Mikroskop von *Oberhäuser* (1/2 der wahren Grösse). — a mit Blei ausgegossene Trommel. — b b cylindrische Röhre, welche den Objecttisch c trägt. — d Säule des Mikroskopstatives. — e Hülse, welche an dem Arme f das Mikroskop trägt. — g g Schrauben, durch welche der schieberförmige Theil h der Röhre d an der Hülse e befestigt ist. — i Mikrometerschraube, welche an dem Kopfe k der Hülse e befestigt ist. — l Mutter der Mikrometer-

schraube. — m auf dem untern Theil der Mikrometerschraube festgeschraubtes Köpfchen. — n Hülse, welche an der vordern Seite der ganzen Länge nach gespalten ist und in welcher sich die Mikroskopröhre verschiebt. — o Mikroskopröhre. — p an dem Objecttische befestigte Röhre. — q in der Röhre p verschiebbare Röhre. — r an dem Objecttische befestigte Scheibe, welche für die horizontale Drehung desselben die Leitung abgibt. — s ringförmige Capsel (fig. 4. s s), in welche der vorspringende Rand der Röhre q aufgenommen ist. — t Hebel zur Bewegung von s und q. — v Charnier, in welchem sich der Hebel dreht. — u Drehungsachse des Beleuchtungsspiegels.

Fig. 9. Querschnitt der Säule des *Oberhäuser*'schen Mikroskopes (fig. 8). — d Mikroskopsäule, aus welcher ein Theil ausgeschnitten ist und einen an die Hülse e durch die Schrauben g g befestigten Schieber h bildet.

Fig. 10. 11. *Oberhäuser*'sche Federklammer (½ der wahren Grösse). — a Objecttisch. — b Stäbchen, welches in die Oeffnungen des Objecttisches eingesteckt wird und auf dessen oberes Ende der federnde Streifen von Messingblech c aufgeschraubt ist. — d Glasplatte, auf welche die Federklammer aufgedrückt ist.

Tab. IV.

Fig. 1. Mit zwei planconvexen Linsen versehener Einsatz, welcher in die obere Röhre des Mikroskopes Tab. IV. fig. 18 bei o' eingeschraubt wird, um ein aufrechtes Bild zu erhalten (¼ der wahren Grösse. Nach *Pritchard*).

Fig. 2. 3. Rechtwinkliges, mit seiner Hypothenuse der Achse des Mikroskopes paralleles Prisma, welches auf das Ocular des Mikroskopes aufgesteckt wird, um das Bild umzukehren (nach *Chevalier*).

Fig. 4. Durchschnitt durch ein *Oberhäuser*'sches Objectiv (wahre Grösse). Der Rand der Fassung b steht über den auf den vordern Theil der Linse umgebogenen Theil a der Fassung vor.

Fig. 5. Mikroskop von *Amici* (½ der wahren Grösse). Fuss aus drei Armen bestehend. — a viereckige Säule, in deren vordere Seite die gezähnte Stange versenkt ist. — a' verschiebbare Hülse des Objecttisches. — b auf die hintere Seite der Hülse a' aufgeschraubte Platte. — c auf der Platte b verschiebbare Platte. — d auf der Platte b durch Druck- und Stellschrauben befestigtes Metallstück,

welches der Platte c bei ihrer Verschiebung die Leitung gibt. — e auf der Platte c angeschraubte Metallplatte, mit welcher der Objecttisch f verbunden ist. — g Trieb der Hülse a'. — h auf der Platte b befestigte Mutter der Mikrometerschraube i. — k Arm, welcher die Mikroskopröhre trägt. — l auf dem conischen Ansatze der Mikroskopröhre befestigte Platte, welche die Bajonettverbindung zwischen dem Arme k und der Mikroskopröhre vermittelt. — m unterer Theil der Mikroskopröhre — n oberer Theil derselben. — o Ocularröhre. — p innere verschiebbare Röhre des Oculars. — q Collectivglas. — r Ocularlinse. — s Stäbchen, an welchem die Fassung t der Beleuchtungslinse u verschiebbar ist. — v Blendung der Beleuchtungslinse. — w federnde Hülse der Fassung t.

Fig. 6. Röhre des *Amici*'schen Mikroskopes, zwischen deren unteres m und oberes n Stück ein rechtwinkliges Prisma eingesetzt ist. Vor dem Oculare o befindet sich ein *Sömmerring*'scher Spiegel t (dessen Fassung in der Zeichnung weggelassen ist). — u bezeichnet den Weg der aus dem Mikroskope zum Spiegel gelangenden und von diesem zum Auge reflectirten Strahlen. — v v die von dem neben dem Mikroskope liegenden Papiere zum Auge gelangenden Strahlen.

Fig 7. Untere Ansicht der Verbindung der Röhre des *Amici*'schen Mikroskopes mit dem Arme ($^1/_2$ der wahren Grösse). — k vordere Endigung des Armes, von einer conischen, mit zwei Ausschnitten l' versehenen Oeffnung durchbohrt. — l Metallplatte, welche auf den untern conischen Ansatz der Mikroskopröhre aufgeschraubt ist und zwei lappenförmige Anhänge besitzt, welche über den Rand der Oeffnung des Armes k übergreifen und die Röhre festhalten.

Fig. 8. Ansicht des hintern Theiles des Statives des *Amici*'schen Mikroskopes ($^1/_2$ der wahren Grösse). Die Bedeutung der Buchstaben ist die gleiche, wie bei fig. 5. — c' c' die schief abgeschnittenen Seitenwandungen des Ausschnittes der Platte c.

Fig. 9. 10. *Sömmerring*'scher Spiegelapparat nach *Plössl*'scher Einrichtung ($^1/_2$ der wahren Grösse). — An einem durch drei Stellschrauben b b b an das Ocular befestigten Ringe a findet sich ein horizontaler Fortsatz mit einer mit der Achse des Oculars parallel stehenden federnden Hülse c, in welcher sich ein durch eine Stellschraube festzustellendes und um seine Achse drehbares Stäbchen verschiebt, an dessen oberem Ende sich eine zweite federnde Hülse befindet, durch welche rechtwinklig auf die Achse des Oculars ein Stäbchen d verschiebbar ist, welches den *Sömmerring*'schen elliptischen Spiegel e trägt.

Fig. 11. Camera lucida von *Oberhäuser* (wahre Grösse). — Auf das Ocular a a ist ein Ring b aufgesteckt, welcher an einem mit der Ocularachse parallelen Arme c mittelst eines in eine Spalte desselben eingeklemmten Stäbchens f ein kleines, rechtwinkliges Glasprisma c trägt. Ueber das Prisma ist ein geschwärzter Metallring d geschraubt, um seitliches Licht abzuhalten.

Fig. 12. Camera lucida von *Amici* (nach *Pritchard*. 1/4 der wahren Grösse). Vor dem Oculare a befindet sich unter einem Winkel von 45° eine dicke Glasplatte b.

Fig. 13. 14. *Amici's* Fassung des *Sömmerring*'schen Spiegels (1/2 der wahren Grösse). An einem auf das Ocular aufzusteckenden Ringe a ist ein mit der Ocularachse paralleler Arm b befestigt, dessen vorderes Ende unter einem Winkel von 45° abgeschnitten ist. Zwischen diese vordere schiefe Fläche und ein aufgeschraubtes Metallplättchen c ist der abgeplattete Stiel des Spiegelchens eingeklemmt; seine polirte Fläche bildet daher mit der Achse des Oculars ebenfalls einen Winkel von 45°.

Fig. 15. *Amici's* Spiegelapparat (nach *Chevalier*). — L L Ocularlinse. — b durchbohrtes Metallspiegelchen, mit seiner polirten Fläche unter 45° nach unten geneigt. — d Durchschnittsfläche eines rechtwinkligen, etwas unterhalb des Spiegelchens angebrachten Glasprismas. — a direct von dem Oculare durch die Durchbohrung des Spiegels zum Auge gelangender Lichtstrahl. — c vom Papiere kommender, durch das Prisma auf den Spiegel und von diesem ins Auge reflectirter Strahl.

Fig. 16. Querschnitt durch das Stativ des *Amici*'schen Mikroskopes an der Stelle d der fig. 5 (1/2 der wahren Grösse). — a' Hülse. — b auf derselben festgeschraubte Platte. — c verschiebbare Platte. — d Metallstück, welches zur Leitung dient, und durch Druck- und Stellschrauben auf der Platte b befestigt ist.

Fig. 17. Obere Ansicht der Beleuchtungslinse des *Amici*'schen Mikroskopes (1/2 der wahren Grösse). — t Fassung der Beleuchtungslinse. — v Blendung. — * Ausschnitt derselben, welcher sich an den Schraubenkopf * * anlegt. — w Hülse.

Fig. 18. Das Stativ des Mikroskopes, von *Goring*. (Nach der Zeichnung von *Pritchard*, 1/4 der wahren Grösse). — a b Säule, aus zwei ineinander verschiebbaren Röhren bestehend, oben ein Kugelgelenk enthaltend. — c cylindrische, durch den Fortsatz c' und die kugelförmige Endigung desselben mit der Säule a b in Ver-

bindung stehende Röhre. — d dreieckige, in der Röhre c durch den Trieb e auf- und abwärts bewegliche Stange. — d′ Stellschraube des Objecttisches. — f Schraube, welche als vierter Fuss des Mikroskops dient. — g Arm, welcher durch das Triebwerk i in horizontaler Richtung beweglich ist; auf beiden Seiten des Triebes kann ein geränderter Kopf h oder ein langer elfenbeinerner Handgriff auf die viereckige Achse des Triebes aufgesteckt werden. Der Arm endigt sich nach hinten in ein Schüsselchen i′, in welches die einfachen Linsen oder Dublets eingesetzt werden können, wenn das Instrument als einfaches Mikroskop gebraucht werden soll. — l Schraube ohne Ende, welche in die horizontale Scheibe eingreift, mittelst deren dem Arme g eine Drehung in horizontaler Richtung gegeben werden kann; die Schraube kann durch den mit einer Stellschraube k versehenen Schieber ausgelösst werden. — n o aus zwei in einander verschiebbaren Stücken bestehende Mikroskopröhre. — o′ unteres Ende der innern Röhre. — p Ansatzpunkt der Oculare. — q gespaltene Hülse zur Befestigung der Beleuchtungslinse r. — s Objecttisch. — t Beleuchtungslinse. — u Stift, auf welchen der Objecttisch aufgeschraubt werden kann. — v Elliptischer Planspiegel. — x Kopf der horizontalen Drehungsachse desselben. — w senkrechte Drehungsachse desselben.

Tab. V.

Fig. 1. 2. 4. *Chevalier's* Universalmikroskop. — a Drehungspunkt der Mikroskopröhre auf dem Arme e′. — c c Hauptsäule. — c′ Charnier zwischen dem Arme e′ und dem Mikroskope. — e Charnier zwischen der Säule und dem Arme e′. — f an dem Arme e′ befestigte Stange. — g Klammer, zur Verbindung derselben mit der Säule c. — h Concavspiegel. — i Planspiegel. — k Kopf der Drehungsachse des Spiegels. — l gabelförmig gespaltener Arm, an dem der Spiegel befestigt ist. — m Trieb zur Bewegung des Objecttisches. — n Trieb zur Bewegung des Spiegels. — p Beleuchtungslinse. — q Mikrometerschraube des Objecttisches. — r untere Röhre des Mikroskops. — s Ocular. — s′ s″ Apparat zur Beleuchtung mit Lampenlicht. — t obere Röhre des Mikroskops. — u Trieb zur Verschiebung der Mikroskopröhre. — v drehbare scheibenförmige Blendung. — w Ansatz der Mikroskopröhre, welcher ein rechtwinkliges, durch die Schrauben b befestigtes Prisma

enthält. — x rechtwinklig an demselben befestigte Röhre, welche die Objective y trägt. — z auf die Mikroskopröhre aufzusteckende Scheibe, welche die Bestimmung hat, fremdes Licht vom Auge abzuhalten.

Fig. 3. 5. *Chevalier's* Universalmikroskop mit der zur Anstellung chemischer Versuche dienenden Vorrichtung. — d Ring, welcher über die Objectivröhre x geschoben wird, und welcher die Stange f trägt. — g mit der belegten Seite abwärts gewendeter Spiegel. — h scheibenförmige Blendung. — i Objecttisch. — k Trieb desselben. — l l Stifte, welche an den Hülsen n die Lampen m tragen. — o Glasschälchen.

Fig. 6. Mikrometer von *Wollaston*. — Derselbe besteht aus drei in einander verschiebbaren Röhren. — a Ende, in welches die Vergrösserungslinse eingesetzt ist. — b durch eine Schraube beweglicher Objectenschieber.

Fig. 7. Scale zu dem *Wollaston*'schen Mikrometer.

Fig. 8. *Brewster's* Beleuchtungsapparat. — A B aus einem *Herschel*'schen Linsensysteme ohne Aberration bestehende Beleuchtungslinse. — M Metallspiegel. — A' B' *Herschel*'sches Linsensystem, um den vom Lichte s durch die Blendung g g auf den Apparat fallenden Strahlen eine parallele Richtung zu ertheilen. — f Object. — m n Objecttisch.

Fig. 9. *Amici's* katadioptrisches Mikroskop. — a Röhre. — b elliptischer Spiegel. — c Stelle, an welcher die Röhre eine Oeffnung besitzt. — d Planspiegel. — e Objecttisch. — f Beleuchtungslinse. — g concaver Beleuchtungsspiegel. — h viereckige Säule. — i Ocular.

Fig. 10. Beleuchtungsapparat von *Goring* (wahre Grösse). — a Röhre, oben mit einer Blendung versehen. — b verschiebbare Beleuchtungslinse. — c Objecttisch. — d ein zum Behufe schiefer Beleuchtung aus der Achse des Apparats seitwärts verschobenes Object.

Tab. VI.

Fig. 1. Sonnenmikroskop (nach *Pouillet*, éléments de physique). — a b Röhre. — d kleinere Beleuchtungslinse durch einen (in der Zeichnung weggelassenen) Trieb mit der Röhre c verschiebbar. — e durch einen (in der Zeichnung weggelassenen) Trieb verschiebbare Vergrösserungslinse. — f Objecttisch mit federndem Schieberhalter.

— g grosse Beleuchtungslinse. — h Beleuchtungsspiegel. — i gezähntes an der Achse des Spiegels befestigtes Rad. — k Schraube ohne Ende. — l Trieb um den Spiegel um die Achse des Mikroskopes drehen zu können.

Fig. 2. Vorschlag zu einem mit einem Spiegel versehenen Sonnenmikroskope von *Brewster*. — a a Vergrösserungsspiegel. — b b auf seiner Rückseite angebrachter *Lieberkühn*'scher Spiegel. — c Planspiegel. — o o Object. — o' o' vergrössertes Bild.

Fig. 3. Zweiter Vorschlag von *Brewster* zu einem mit einem Spiegel versehenen Sonnenmikroskope. — a b Beleuchtungslinse. — c Sammellinse, um das Object o o stärker zu beleuchten. — d d Vergrösserungsspiegel. — o' o' vergrössertes Bild.

Fig. 4. Längendurchschnitt durch das Compressorium von *Purkinje* (wahre Grösse). — a b die durch die Säulen c unbeweglich verbundenen Platten, in deren obere a die Glasplatte e eingesetzt ist. — f h die durch die Schraube i verschiebbare mittlere Platte, in welche die Glasplatte g eingesetzt ist. — k scheibenförmiger Schraubenkopf.

Fig. 5. Kleines Mikroskop von *Oberhäuser* ($^1/_2$ der wahren Grösse). — a mit Blei ausgegossener Fuss, welcher von der Röhre b abgeschraubt werden kann. — c mit der Röhre b unbeweglich verbundene Platte. — d Objecttisch. — e Stift, welcher dem Objecttische für die senkrechte Bewegung die Leitung gibt. — f Stift, welcher die Bewegung des Objecttisches nach aufwärts beschränkt. — g mit dem Objecttische verbundene Röhre, welche als Mutter für die Mikrometerschraube dient. — h Röhre, in welcher sich die Röhre g verschiebt. — i Capsel, welche auf den Vorsprung der Röhre h aufgeschraubt ist und die Mikrometerschraube in ihrer Lage festhält. — k Kopf der Mikrometerschraube. — l Kopf der Drehungsachse des Spiegels. — m der aus einer Spalte der Röhre b vorstehende Theil der drehbaren Scheibe. — n unterer Theil der federnden Hülse o, in welcher sich die Mikroskopröhre p verschiebt. — q oberer Theil der Mikroskopröhre, welcher im untern Theile verschiebbar ist. — r knieförmig gebogenes Verbindungsstück von b und n.

Fig. 6. 7. *Schiek*'sches Compressorium von *Oberhäuser* etwas modificirt ($^2/_3$ der wahren Grösse). — a Bodenplatte. — b b Füsse derselben. — c Zapfen, um welchen sich der Hebelapparat in horizontaler Richtung drehen lässt. — d Träger der Schraube e und des im

Charniere f beweglichen Hebels g. — h Feder, welche durch die Schraube i auf d befestigt ist und den hinteren Hebelarm niederdrückt. — k halb kreisförmiger Träger des Ringes l. — m Glasplatten.

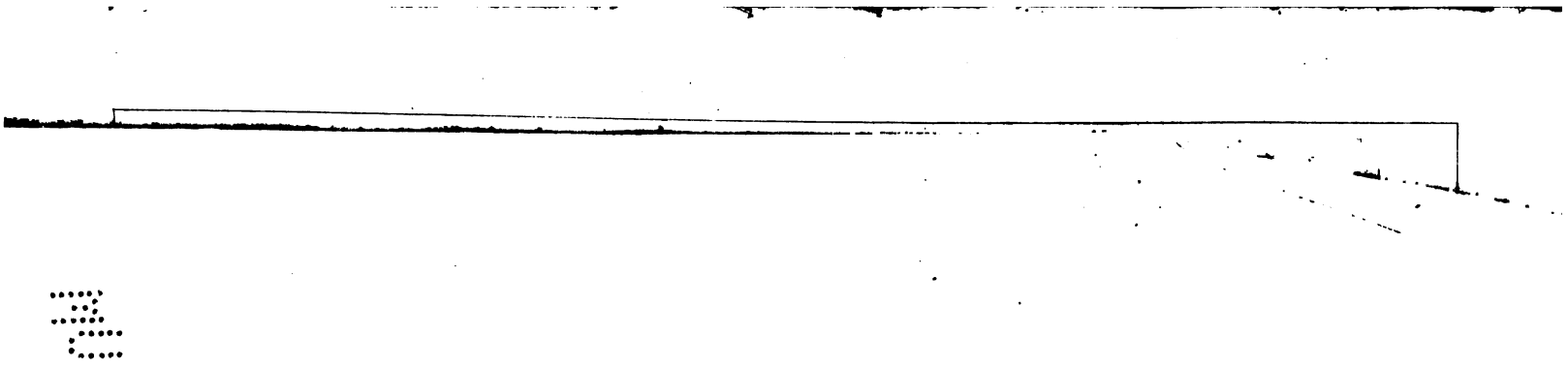
Fig. 8. 9. *Fraunhofer*'scher Schraubenmikrometer (2/3 der wahren Grösse). — a a untere, auf den Objecttisch festzuschraubende Platte. — b b obere, verschiebbare Platte. — b' b' Schrauben, durch welche die Feder g an die Platte b befestigt ist. — c c Leisten, zwischen welchen die Platte b verschoben wird. — d Mikrometerschraube. — e Mutter derselben. — f Vorsprung der Mikrometerschraube, auf welchen sich die Feder g stützt. — h Messingplättchen, auf welches sich die Trommel i stützt. — k geränderter Kopf, mittelst dessen die Mikrometerschraube gedreht wird, und auf welchen die Trommel i aufgesteckt ist. — l Schraubenmutter, um die Stücke h i k auf einander zu pressen. — m Scale.

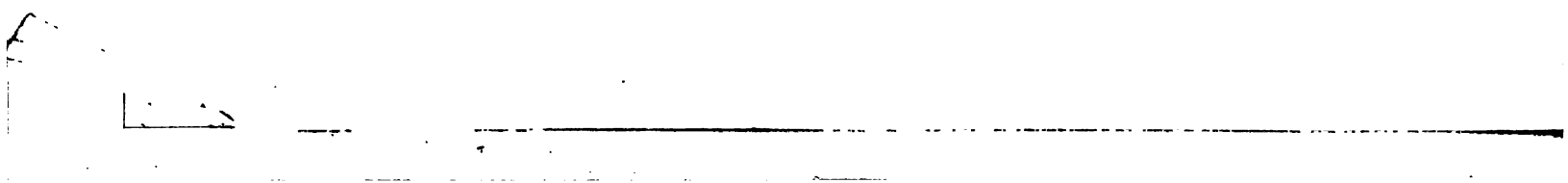
Fig. 10. Seitenansicht eines Theiles des kleinen *Oberhäuser*'schen Mikroskopes (Tab. VI. fig. 5). Die Buchstaben haben die gleiche Bedeutung, wie in Fig. 5.

Fig. 11. Obere Ansicht eines geöffneten *Purkinje*'schen Compressoriums (1/2 der wahren Grösse). — Die Schraubenmutter der einen Säule (c fig. 4) ist etwas losgeschraubt und die Säule mit der oberen Platte a um die zweite Säule als Centrum seitwärts gedreht. — l der in der mittleren Platte befindliche, zur Aufnahme der Säule c bestimmte Ausschnitt.

Fig. 12. 13. *Schiek*'sches Compressorium mit der Modification von *Amici* (2/3 der wahren Grösse). — a Bodenplatte. — b Charnier. — c Hebel. — d Druckschraube.

JAN 2 8





UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06451 4568